

Овощи России

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

ISSN 2072-9146 (Print)
ISSN 2618-7132 (Online)

2 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» (ВНИИССОК), 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, Heanоль, 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 Bharti 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. Акимов – доктор с.-х. наук, доцент кафедры плодородия, 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. Ушачев – доктор экон. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства» (ФГБНУ ФНЦ ВНИЭСХ), 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, 2025

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: 15.04.2025

Отпечатано в типографии:

ООО «ПРИНТ»

426035, г. Ижевск,

ул. Тимирязева, д. 5, пом. 5

Тел.: +7 (3412) 56-95-53

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 Sekara – 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 tech-

nologies 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. Domblides – 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. Pylynev – 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, 2025

Address of the journal publisher and office: Selektionsnaya St., 14, VNIISOK, 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: 15.04.2025

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

The license ПИ №ФС77-72184 of the January, 15, 2018.

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



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 pro-
tection, agricultural economics and related disciplines: biology, biotechnology, introduction, etc.

Russian Science
Citation Index

OPEN
ACCESS

We are
Crossref
Member

AGRIS

EBSCOhost

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Коротцева И.Б., Белов С.Н.**

Создание линий огурца с высокой степенью партенокарпии.5

Козлова И.В., Мазыкина Е.А.Создание селекционного материала томата с генами устойчивости
на основе линий с функциональной мужской стерильностью.14**Мухордова М.Е., Черемисин А.И.,****Согуляк С.В., Урман М.В.**Комплексный подход к анализу перспективного
селекционного материала картофеля в условиях Омской области.20**Романов В.С.**Межвидовые гибриды лука как генетический источник
увеличения биоресурсной коллекции.30**Киселев Е.Г., Соколова Д.В.**

Потенциал коллекции шпината ВИР для использования в селекции.36

Травина С.Н.Оценка сортов картофеля Республики Беларусь
из дублетной мировой коллекции ВИР в Мурманской области.45**САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Фотев Ю.В., Храмова Е.П., Петров А.Ф.**Биохимические особенности новых для России овощных культур
в связи с их нетрадиционным использованием.54**Хасан Д.К., Ями А.С.**Потенциальные лекарственные растения,
используемые при лечении COVID-19. Обзор.61**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Голубкина Н.А., Немтинов В.И., Амагова З.А., Кошеваров А.А.**Лук репчатый. Биологическая активность, антиоксиданты,
устойчивость к неблагоприятным факторам среды.70**Зейрук В.Н., Васильева С.В., Белов Г.Л., Мальцев С.В.**Влияние обработки клубней препаратом Хлорпрофам на лёжку,
биохимические показатели и пригодность картофеля к переработке.82**Молчанова А.В., Кривенков Л.В.,****Баранова Е.В., Шевченко Т.Е., Белоусов Д.С.**

Биохимический состав лука репчатого и шалота при выгонке в зимне-весенний период.87

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО**Беленков А.И., Васильева О.А.**Оценка принципов биологизации и экологизации возделывания картофеля
в полевом опыте Центра точного земледелия.96**Кебеде В.Г.**Оценка ключевых факторов вырубки лесов и понимания местным сообществом
ее последствий на примере района Шабе Сомбо, зона Джимма, юго-запад Эфиопии.103**Партоев К., Сафармади М., Сатторов Б.Н.**Агроэкологическое испытание топинамбура
(*Helianthus tuberosus* L.) в Таджикистане.113**МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА****Верчик Т.А.**

Опыт применения капельного орошения при выращивании моркови (обзор).120

BREEDING, SEEDPRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY

Korottseva I.B., Belov S.N.

Creation of cucumber lines with a high degree of parthenocarp.5

Kozlova I.V., Mazykina E.A.

Creation of tomato breeding material with resistance genes based
on lines with functional male sterility.....14

Mukhordova M.E., Cheremisin A.I.,

Sogulyak S.V., Urman M.V.

An integrated approach to the analysis of promising potato
breeding material in the conditions of the Omsk region.20

Romanov V.S.

Interspecific hybrids *Allium* as a genetic source
of increasing the bioresource collection.....30

Kiselev E.G., Sokolova D.V.

Potential of the VIR Spinach collection for use in breeding.....36

Travina S.N.

Evaluation of potato varieties from the Republic of Belarus from the
doublet world collection of VIR in the Murmansk region.45

HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS

Fotev Yu.V., Khramova E.P., Petrov A.F.

The biochemical properties of new for Russia vegetable
crops in relation to their non-traditional use.....54

Hasan J.K., Yami A.S.

Potential medicinal plants used
in the treatment of COVID-19: a review.....61

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

Golubkina N.A., Nemtinov V.I., Amagova Z.A., Koshevarov A.A.

Allium cepa. Biological activity, antioxidants,
tolerance to unfavourable environmental factors.70

Zeyruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L., Maltsev S.V.

The effect of treatment of tubers with
Chlorprofam on the keeping quality, biochemical parameters and suitability of potatoes for processing.....82

Molchanova A.V., Krivenkov L.V.,

Baranova E.V., Shevchenko T.E., Belousov D.S.

Biochemical composition of onions and shallots when grown in winter-spring period.87

AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION

Belenkov A.I., Vasilyeva O.A.

Assessment of the principles of biologization and ecologization
of potato cultivation in the field experience of the Center for Precision Agriculture.96

Kebede W.G.

Assessment of Key Drivers of Deforestation and Understand the Local Community's
Perception of Its Impacts In The Case of Shabe Sombo District, Jimma Zone, South West Ethiopia.103

Partoev K., Safarmadi M., Sattorov B.N.

Agroecological test of Jerusalem artichoke
(*Helianthus tuberosus* L.) in Tajikistan.....113

IRRIGATION ENGINEERING, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Verchik T.A.

The experience of using drip irrigation for growing carrots (review).....120

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-5-13>
УДК: 635.63:631.547.52

И.Б. Коротцева*, С.Н. Белов

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: korottseva@mail.ru

Вклад авторов: Коротцева И. Б.: концептуализация, методология, проведение исследования, ресурсы, руководство исследованием, создание рукописи и её редактирование. Белов С.Н.: проведение исследования, формальный анализ, визуализация, создание черновика рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Коротцева И.Б., Белов С.Н. Создание линий огурца с высокой степенью партенокарпии. *Овощи России*. 2025;(2):5-13.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-5-13>

Поступила в редакцию: 30.10.2024

Принята к печати: 11.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Irina B. Korottseva*, Sergey N. Belov

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center»
(FSBSI FSVC)
14, Selectonnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

*Correspondence Author: korottseva@mail.ru

Authors' Contribution: Korottseva I.B.: conceptualization, methodology, investigation, resources, supervision, writing – review & editing. Belov S.N.: investigation, formal analysis, visualization, writing – original draft.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interests.

For citation: Korottseva I.B., Belov S.N. Creation of cucumber lines with a high degree of parthenocarp. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):5-13. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-5-13>

Received: 30.10.2024

Accepted for publication: 11.12.2024

Published: 15.04.2025

Создание линий огурца с высокой степенью партенокарпии

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В защищенном грунте огурец – одна из наиболее рентабельных культур благодаря высокой скороспелости, теневыносливости, урожайности и возможности получать свежие плоды почти круглый год. Производители овощей предпочитают отдавать партенокарпическим гибридам, так как мелкоплодные бугорчатые гибриды огурца партенокарпического типа универсального назначения пользуются большим спросом у потребителей. Преимущества партенокарпических, по сравнению с пчелоопыляемыми гибридами, заключаются в более высокой ранней урожайности, способности завязывать плоды без опыления в любую погоду. К сожалению, основные площади в защищенном грунте занимают иностранные гибриды, поэтому селекция отечественных конкурентоспособных партенокарпических гибридов огурца для весенних пленочных теплиц в настоящее время довольно актуальна.

Материал и методика. Опыт был заложен в 2021-2023 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях грунтовой весенней пленочной теплицы типа «Блочная» на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО. Для исследования партенокарпии в работу был вовлечен выровненный селекционный материал, полученный ранее в результате отборов и четырех и более инцухтирований (самоопылений). В течение 3 лет по этому признаку ежегодно оценивали около 40 селекционных линий огурца. В 2023 году изучали наследование признака партенокарпии гибридами F₁, на 27 гибридных комбинациях, от скрещиваний 13 материнских и 15 отцовских форм, оценивая показатель *hp* «степень доминантности».

Результаты. Жесткий отбор селекционных образцов огурца по степени партенокарпии в течение 3-х лет позволил улучшить этот признак в среднем на 10,3-17,1%, в зависимости от года исследований и генотипов изучаемых образцов. Были отобраны 3 линии (Л-132, Л-135, Л-161) женского типа цветения, отличающиеся не только высокой степенью партенокарпии, но и стабильностью проявления этого признака по годам. Проявление партенокарпии у гибридов F₁ в значительной степени зависело от генотипа родительских форм, использованных в гибридизации, и варьировало от положительного гетерозиса до отрицательного доминирования и даже отрицательного гетерозиса. В нашем опыте у 45% гибридных комбинаций отмечен положительный гетерозисный эффект по этому признаку, что указывает на возможность создания гибридных комбинаций с более высоким уровнем партенокарпии по сравнению с родительскими формами. Выделены гибридные комбинации, обладающие наиболее высоким гетерозисным эффектом по степени партенокарпии, по сравнению с родительскими формами. Одна из этих комбинаций, по результатам 2-х летней оценки по комплексу хозяйственно полезных признаков, передана на испытание в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия»), по экспертной оценке, в 2023 году под названием F₁ Денди.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

огурец, защищенный грунт, завязываемость, партенокарпия, линия, селекция, наследование

Creation of cucumber lines with a high degree of parthenocarp

ABSTRACT

Relevance. In protected ground cucumber is one of the most profitable crops due to its high rate of maturity, shade tolerance, yield and possibility to get fresh fruits almost all year round. Vegetable producers prefer parthenocarpic hybrids of cucumber, as small-fruited lumpy cucumber hybrids of parthenocarpic type for universal use are in great demand among consumers. The advantages of parthenocarpic hybrids compared to bee-pollinated hybrids are higher early yield, ability to set fruit without pollination in any weather. Unfortunately, the main areas in the protected ground are occupied by foreign hybrids of parthenocarpic type, so the selection of domestic competitive parthenocarpic hybrids of cucumber for spring film greenhouses is currently quite relevant.

Materials and Methods. The experiment was laid in 2021-2023 in Odintsovsky district of Moscow region in the conditions of the ground spring film greenhouse of the type 'Block' on the basis of the head institution of FSBSI FSVC. To study parthenocarp, the aligned selection material obtained earlier as a result of selections and four or more insuchtings (self-pollinations) was involved in the work. During 3 years, about 40 breeding lines of cucumber were evaluated annually for this trait. In 2023 we studied the inheritance of parthenocarp trait by F₁ hybrids on 27 hybrid combinations from crosses of 13 maternal and 15 paternal forms, evaluating the *hp* indicator 'degree of dominance'.

Results. Rigid selection of cucumber breeding samples on the degree of parthenocarp, during 3 years, allowed to improve this trait on average by 10.3-17.1%, depending on the year of research and genotypes of the studied samples. We selected 3 lines (L-132, L-135, L-161) of female flowering type, which differ not only by high degree of parthenocarp, but also by stability of this trait manifestation over the years. The manifestation of parthenocarp in F₁ hybrids largely depended on the genotype of the initial forms used in hybridisation and varied from positive heterosis to negative dominance and even negative heterosis. In our experience, 45% of hybrid combinations showed positive heterosis effect on this trait, indicating the possibility of creating hybrid combinations with a higher level of parthenocarp compared to the parental forms.

Hybrid combinations with the highest heterosis effect on the parthenocarp degree, compared to the parental forms, were identified. One of these combinations, according to the results of 2-year evaluation of the complex of economically useful traits transferred for testing to the State Commission of the Russian Federation for testing and protection of breeding achievements (FGBU GOSSORTKOMISSIA), according to expert evaluation, in 2023 under the name F₁ Dendi.

KEYWORDS:

cucumber, protected soil, wilting ability, parthenocarp, line, selection, inheritance.

Введение

Огурец традиционно является одной из наиболее распространенных овощных культур. По площадям в открытом грунте он занимает третье место после томата и капусты. В защищенном грунте, это одна из наиболее рентабельных культур благодаря высокой скороспелости, теневыносливости, урожайности и возможности получать свежие плоды почти круглый год [1]. Основные площади под огурцом, в открытом грунте РФ, находятся в личных приусадебных хозяйствах [2]. Огородники зачастую выращивают огуречные растения под временными пленочными укрытиями, в парниках или весенних пленочных теплицах, особенно в Нечерноземной зоне. В настоящее время овощеводы-любители предпочитают пчелоопыляемым сортам и гибридам огурца – партенокарпические, позволяющие получать зеленец без опыления насекомыми. Их преимущества по сравнению с пчелоопыляемыми гибридами заключаются в более высокой ранней урожайности, способности завязывать плоды без опыления в любую погоду (пасмурную, холодную, дождливую), при полном отсутствии пчёл и других насекомых, необходимых для опыления пчелоопыляемых сортов.

Партенокарпия – один из важных признаков для огурца, особенно в защищенном грунте. Следует отметить, что основные площади в весенних пленочных теплицах под огурцом заняты гибридами иностранной селекции партенокарпического типа, такими как Герман, Маша, Меренга, Монисия, Артист и другими. Поэтому, несмотря на большое количество отечественных гибридов огурца партенокарпического типа в госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ в 2024 году, селекция конкурентоспособных партенокарпических гибридов огурца для весенних пленочных теплиц и в настоящее время довольно актуальна.

У огурца партенокарпия известна давно. Бессемянные плоды тыквы и огурца упоминались еще в XII веке. Явление партенокарпии было описано в конце 1800-х годов [3]. В 1902 году Noll отметил свойство девственного образования плодов у некоторых сортов огурца и назвал его партенокарпией, а плоды партенокарпическими. Такие плоды не содержат семян или имеют полые семенные оболочки [4].

Партенокарпия огурца контролируется генетически, но данные по наследованию этого признака весьма разноречивы. Одними из первых заинтересовались этим вопросом Wellington, Hawthorne. Было отмечено, что гибриды между склонными и несклонными к партенокарпии сортами в F_1 не во всех случаях имели бессемянные плоды. Во втором поколении лишь отдельные плоды оказались партенокарпическими. По результатам исследований был сделан вывод о неполном доминировании признака партенокарпии [5]. Впоследствии ряд ученых подтвердили эти выводы. Было показано, что партенокарпия у огурца контролируется геном "P" при неполном его доминировании. В гомозиготном состоянии "PP" растение образует партенокарпические плоды с самого начала. Гетерозиготные растения "Pp" начинают формировать партенокарпические плоды позже и в меньшем количестве, чем "PP". А гомозиготные рецессивные растения "pp" вообще не образуют партенокарпических плодов [6,7]. Согласно с этими

выводами и Юрина, Пивоваров, Балашова. Они также утверждают, что склонность к партенокарпии у огурца может быть рецессивной или полудоминантной [8]. Квасников и др. установили, что партенокарпия является полигенным признаком и наследуется как неполный рецессив. В условиях весенней культуры наблюдается значительное усиление партенокарпии по сравнению с зимним периодом [9,10].

Генетический анализ подтвердил, что у разных экотипов огурца партенокарпия контролируется множеством локусов и генов, при их неполном доминировании [11–13]. Результаты DePonti, Garretsen и El-Shawaf, Baker также показали, что партенокарпия у огурца может обуславливаться несколькими генами [14,15].

В то же время, отдельные исследователи предположили, что партенокарпия контролируется одним рецессивным геном [16–18].

Признак партенокарпии может быть передан несколькими обратными скрещиваниями с донорской линией [19].

Было отмечено, что способность к партенокарпическому плодообразованию в сильной степени зависит от внешних условий, но степень выраженности этого признака у растений огурца определяется их генетической природой [10,20–24]. Живницкой и Гусевой было установлено, что партенокарпия у гибридов огурца первого поколения может варьировать от положительного гетерозиса до промежуточного проявления и даже отрицательного неполного доминирования [25].

Несмотря на то, что партенокарпия контролируется генетически, это очень сложный признак, который изменяется в онтогенезе. По литературным данным у огурца в нижних узлах плоды завязываются хуже, чем в верхних [8]. Завязывание плодов без опыления в значительной степени зависит от мощности растений, нагруженности их завязями [26–28]. Достаточное снабжение питательными веществами является необходимым условием для развития плодов [29–31].

Степень проявления партенокарпии в значительной степени зависит от условий выращивания: температуры, длины дня, освещенности, обеспеченности элементами питания [32–36]. По данным Matlob, Kelly [37], высокая температура подавляет инициацию партенокарпии, ингибируя синтез ауксина и гиббереллина в семяпочках огурца. В исследованиях Таракановой сообщалось, что партенокарпическое плодообразование лучше идет при высокой интенсивности света и низких ночных температурах [38]. В то же время, по данным Россова, Сидорского и Деева максимальное количество растений, обладающих свойством партенокарпии, было отмечено в условиях короткого дня, высокой температуры и влажности, когда эти факторы действовали на признак совместно. Они были совершенно не эффективны при ином сочетании [39]. Условия короткого светового дня могут усиливать партенокарпию за счет повышения активности ауксина [40–42].

Важным этапом отбора исходных линий является оценка по способности к образованию партенокарпических плодов в сочетании с другими хозяйственно полезными признаками. Поэтому очень важно было оценить выделенные по комплексу признаков линии по степени выраженности партенокарпии в тех условиях, в которых планируется выращивание созданных на их основе гибридов.

Материал и методика проведения исследований

Опыт был заложен в 2021-2023 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях грунтовой весенней пленочной теплицы типа «Блочная» на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО.

Рассаду огурца выращивали в рассадном отделении теплицы «Ришель». Семена сеяли в первой декаде мая в горшочки объемом 0,7 л. В качестве субстрата использовали торф верховой заправленный. В фазе 2-х настоящих листьев рассаду высадили на постоянное место в весеннюю пленочную грунтовую необогреваемую теплицу. Густота стояния растений 2,8 шт./м².

Формирование растений проводили по общепринятой методике для партенокарпических гибридов преимущественно женского типа цветения [43]. Агротехника выращивания – общепринятая для условий весенних пленочных теплиц.

Для оценки агроклиматических условий 2021-2023 года использовали данные метеорологической станции ФГБУ Центральное УГМС ВНИИССОК (табл.1).

женских цветков, в процентах. Учеты проводила с 5-го по 20-й узел включительно только на растениях женского типа цветения Ж₀-Ж₃.

Процент завязывания плодов (показатель степени партенокарпии) определяли на основном и боковых побегах, а затем рассчитывали процент завязывания плодов на растении.

Для характеристики наследования признака партенокарпии (завязываемости плодов без опыления) в F₁ использовали показатель h_p «степень доминантности». Для вычисления использовали формулу Peter, Frey [44].

$$h_p = \frac{XF_1 - X_{mp}}{XP - X_{mp}},$$

где XF₁ – количественное значение признака у гибрида; X_{mp} – среднеарифметическое значение признака у родителей;

X_p – количественное значение этого признака у лучшего родителя.

Степень доминантности может принимать значения от

Таблица 1. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период 2021-2023гг.
Table 1. Average monthly air temperature for the growing season 2021-2023.

Месяц	Температура, °С			Среднегодовое значение, °С	Отклонение, °С		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Май	13,8	10,0	12,2	11,9	1,9	-1,9	0,6
Июнь	21,8	18,6	16,6	16,5	5,3	2,1	0,1
Июль	22,0	20,2	18,0	19,2	2,8	1,0	1,2
Август	19,4	22,3	19,4	16,1	3,3	6,3	3,3

Начало вегетационного периода огурца, которое приходилось на 3-ю декаду мая, было наиболее благоприятным в 2021 году. В мае 2022 года температура воздуха в Подмосковье была ниже среднегодовой на 1,9°С. В этот период отмечались не только существенные перепады температур, но и заморозки. Однако, в условиях защищенного грунта, пониженные температуры воздуха не нанесли существенный урон посадкам огурца. Температурные условия мая 2023 года практически не отличались от среднегодовых значений.

Летние месяцы, в годы исследований, были теплее, чем обычно, кроме июля 2023 года, когда температура воздуха была на 1,2°С ниже среднегодовых значений. В целом, температурные условия в момент проведения эксперимента были довольно благоприятны для роста и развития огурца, за исключением мая 2022-го года.

Учет степени партенокарпии. При отсутствии опыления образование плодов у партенокарпических растений огурца зависит не только от степени партенокарпии, но и от количества пестичных цветков. Процент завязывания плодов без опыления может служить относительным показателем партенокарпии для образцов, незначительно различающихся по количеству женских цветков в среднем на одно растение [27].

В селекционных питомниках, где не было пчел, степень партенокарпии определяли как отношение завязавшихся плодов к числу сформированных на растении

«минус» бесконечности (- ∞) до «плюс» бесконечности (+ ∞):

∞ < h_p < -1 – отрицательное сверхдоминирование (отрицательный гетерозис);

-1 ≤ h_p < -0,5 – отрицательное доминирование;

-0,5 ≤ h_p ≤ +0,5 – промежуточное наследование;

+0,5 < h_p ≤ +1 – положительное доминирование;

+1 < h_p < +∞ – положительное сверхдоминирование (положительный гетерозис).

Изучение исходного материала проводили по методикам ВНИИССОК [27] и ВИР [45]. Фенологические учёты и наблюдения – в течение всего вегетационного периода.

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием общепринятых математико-статистических методов с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 для Windows 10 и Statistika 7.0.

Для исследования партенокарпии в работу был вовлечен выровненный селекционный материал, полученный ранее в результате отборов и четырех и более инцухтирований (самоопылений). В течение 3 лет, по этому признаку, ежегодно изучали около 40 образцов. В 2023 году изучали наследование признака партенокарпии гибридами F₁, оценивая показатель h_p «степень доминантности», на 20 гибридных комбинациях, от скрещиваний 13-ти материнских и 15-ти отцовских форм.

Результаты исследований и их обсуждение

Селекцию по созданию партенокарпических форм вели в изолированной от насекомых теплице, в течение всего вегетационного периода. Исходный материал с хорошей завязываемостью плодов начинали отбирать со второго поколения, в расщепляющихся популяциях, с последующим инцухтированием лучших растений. Впоследствии отбирали лучшие, по степени выраженности партенокарпии, семьи, продолжая отбирать лучшие растения внутри семьи. В данной статье представлены наиболее выровненные по комплексу хозяйственно полезных признаков линии огурца женского и преимущественно женского типов цветения.

В зависимости от степени проявления партенокарпии селекционные образцы были объединены в группы: 0-30% – слабая; >30-50% – средняя; >50-70% – сильная; >70-100% – очень сильная. Степень выраженности партенокарпии в значительной степени зависела от года исследований. Очевидно, на проявление этого признака повлияли не только погодные условия, но и ежегодные отборы (рис.1).

В группе со слабой партенокарпией, во все годы исследований, плоды завязывались на основном побеге лучше, чем на боковых. В группе со средней степенью партенокарпии в 2021 году завязываемость плодов на боковых побегах была в 2 раза лучше, чем на основном. В 2022 и 2023 годах картина изменилась: «В средней группе наблюдали улучшение проявления партенокарпии на основном и ухудшение – на боковых побегах». Обратная тенденция отмечалась в группах с сильной и очень сильной степенью партенокарпии: «Завязываемость была лучше на боковых, чем на основном побеге». Количество образцов с очень сильной партенокарпией на основном побеге варьировало по годам от 0 до 9%; на боковых побегах – от 3 до 59%.

В 2022 году у 89% изучаемых селекционных линий огурца показатель партенокарпии, средний по семьям, был выше, чем в 2021. В 2023, по сравнению с 2022 годом, этот показатель улучшился у 57,9% образцов, тогда как у остальных – остался на прежнем уровне (табл.2). Для закрепления признака на растениях с хорошо выраженной партенокарпией применяли инцухт. Степень выраженности

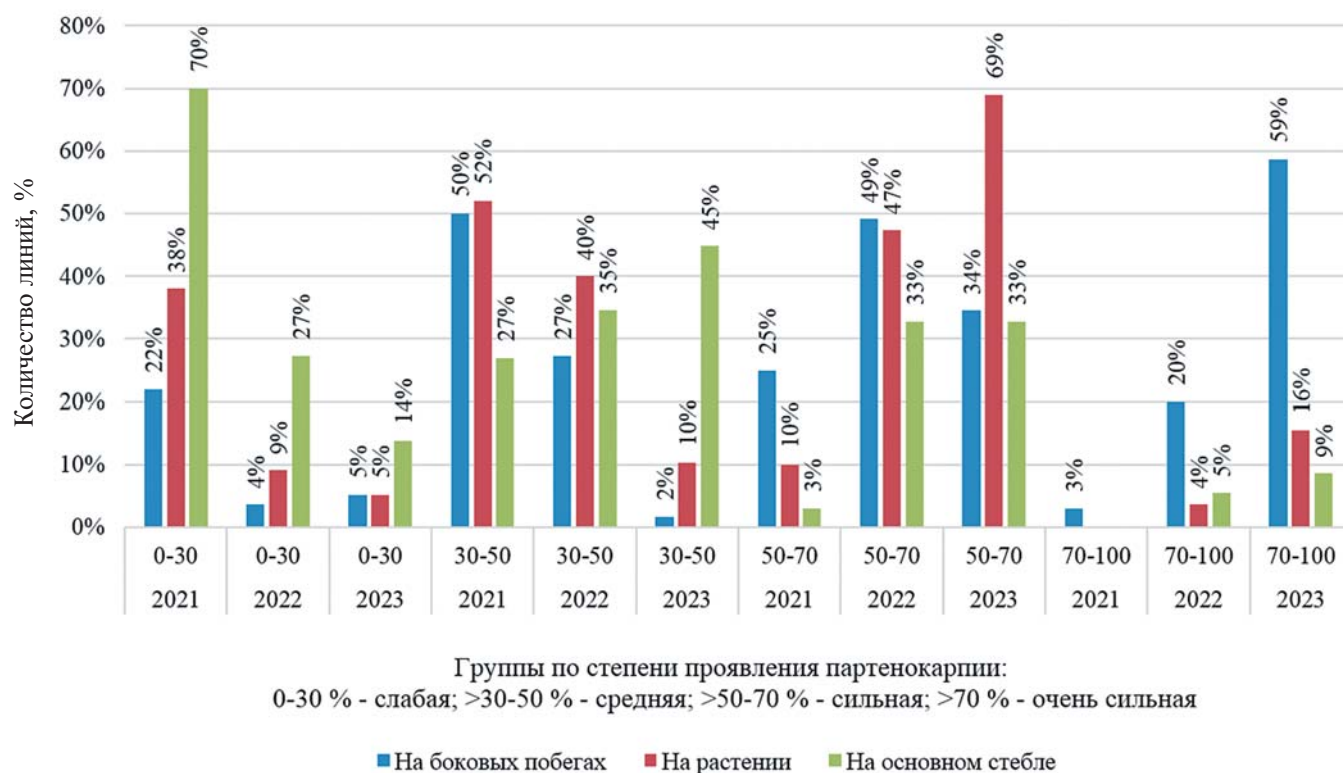


Рис. 1. Степень проявления партенокарпии у селекционных образцов огурца (Весенняя теплица)
Fig. 1. Degree of parthenocarpy manifestation in selected cucumber samples (Spring greenhouse)

С каждым годом завязываемость плодов селекционных образцов улучшалась. В первую группу, со слабой степенью партенокарпии (общей на растении), в 2021 году попали 38%, в 2022 – 9%, а в 2023 – только 5% образцов. С каждым годом уменьшалось и количество образцов со средней степенью партенокарпии на растении, так в 2021 году оно составляло 52%, в 2022 – 40%, а в 2023 – всего 10%. Количество образцов с сильной степенью партенокарпии с каждым годом росло - от 10 % (2021 год) до 69% (2023 год). Образцов с очень сильной степенью партенокарпии в 2021 году обнаружено не было, а в 2022 году таких образцов было 4%, в 2023 – уже 16%.

партенокарпии у лучших селекционных образцов в 2022 году, по сравнению с 2021 годом, увеличилась на 17,1%, а в 2023 году, по сравнению с 2022 годом, – на 10,35%. Были отобраны 3 линии (Л-132, Л-135, Л-161), отличающиеся не только высокой степенью партенокарпии, но и стабильностью проявления этого признака по годам (рис.2).

Коэффициент корреляции указывает на среднюю прямую связь между степенью партенокарпии по годам ($r=0,6$ и $0,65$). Небольшие колебания степени партенокарпии происходят в зависимости от условий выращивания. Более сильная корреляция по этому признаку была отмечена между показателями в год исследований и средним по годам (табл. 3).

Таблица 2. Степень проявления партенокарпии селекционных линий огурца, % (Весенняя не обогреваемая теплица)
 Table 2. Degree of parthenocarp of cucumber breeding lines, % (Spring unheated greenhouse)

Линия	2021 год		2022 год			2023 год			$\bar{x}$ за 3 года
	$\bar{x}$	min-max	$\bar{x}$	min-max	$\pm$ к 2021	$\bar{x}$	min-max	$\pm$ к 2022	
St. Герман F ₁	64,56		63,16		-1,4	69,8		+6,6	65,84
Л-129	45,4	-	57,1	50,6-63,6	11,7	63,3	59,0-69,4	6,2	55,27
Л-132	46,5	43,4-49,5	62,21	57,2-67,2	15,7	74,1	65,4-82,9	11,9	60,94
Л-135	45,9	-	61,5	58,7-64,4	15,6	80,7	-	19,2	62,70
Л-153	36,2	28,6-43,8	57,5	49,4-61,9	21,4	70,3	68,7-71,9	12,8	54,67
Л-157	34,4	-	70,5	-	36,1	68,8	-	-0,7	57,90
Л-161	66,1	-	67,1	63,7-70,5	1,0	72,1	58,2-72,1	5,0	68,43
Л-167	38,2	-	48,5	-	10,3	65,4	60,6-70,3	16,9	50,70
Л-168	40,2	-	50,5	47,8-53,2	10,3	55,8	52,8-58,7	5,3	48,83
Л-170	22,3	-	38,7	29,1-48,4	16,4	54,8	50,0-59,8	16,1	38,60
Л-173	40,3	-	57,4	-	17,1	68,8	-	11,4	55,50
Л-178	38,7	26,0-51,4	54,4	45,7-63,1	15,7	74,8	64,9-82,0	20,4	55,97
Л-188	38,8	-	52,8	47,5-58,1	14,3	52,4	-	0,4	48,00
Л-196	20,3	13,9-26,7	50,8	44,6-57,0	30,5	56,2	50,2-62,2	5,4	42,43
Л-197	-	-	51,4	-	-	56,5	-	5,1	53,95
Л-198	32,1	30,0-34,3	41,3	35,8-46,8	9,2	54,7	50,8-58,7	13,4	42,70
Л-199	38,1	-	62,4	-	24,3	64,2	-	1,8	54,90
Л-208	32,5	12,6-52,4	51,4	-	18,9	60,1	56,0-62,5	8,7	48,00
Л-210	33,1	31,8-34,5	49,8	-	16,7	61	56,4-65,4	11,2	47,97
Л-211	36,8	-	58,8	58,0-59,7	22,0	84,9	-	26,1	60,17
HCP ₀₅									9,97

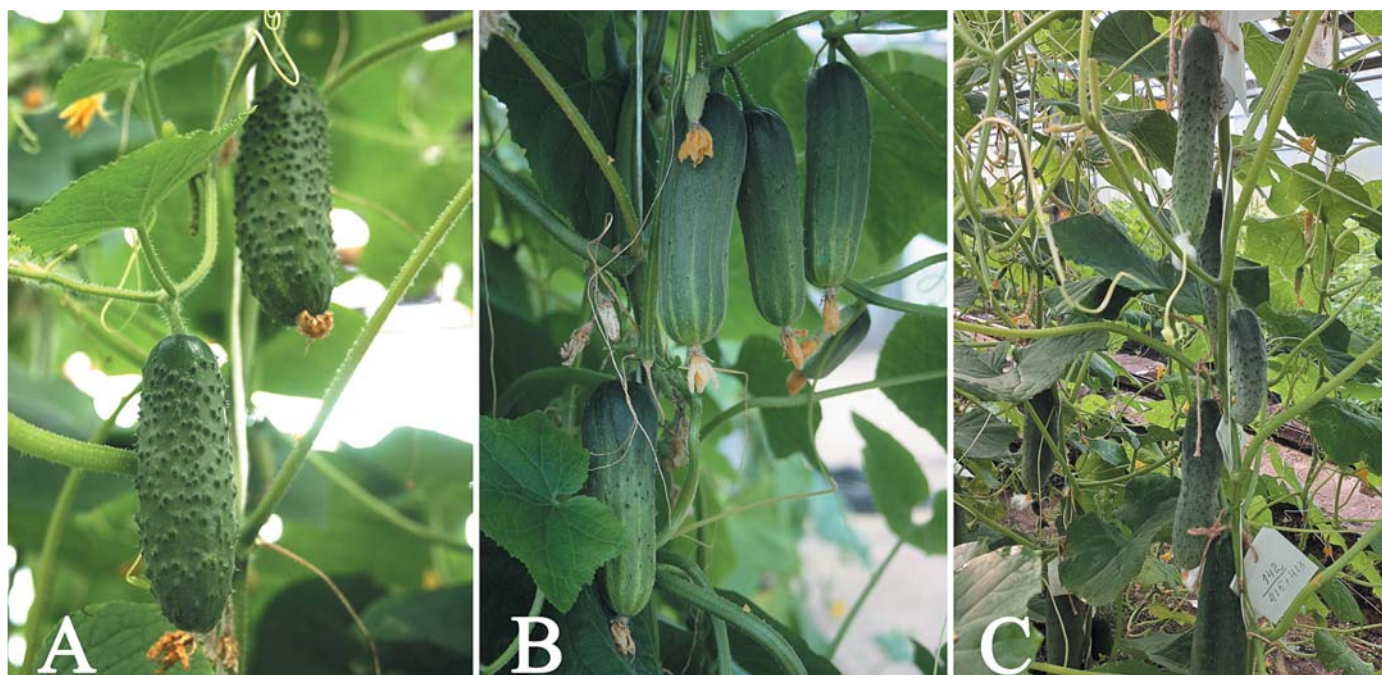


Рис. 2. Селекционные линии с высокой степенью партенокарпии:

А – Л-132; В – Л-135; С – Л-161 (Весенняя теплица, 2023 год)

Fig. 2. Breeding lines with a high degree of parthenocarp:

А – L-132; В – L-135; С – L-161 (Spring greenhouse, 2023)

Таблица 3. Корреляция между степенью партенокарпии линий огурца в различные годы исследований
Table 3. Correlation between the degree of parthenocarpy of cucumber lines in different years of research

2021 и 2022	2022 и 2023	2021 и $\bar{x}$	2022 и $\bar{x}$	2023 и $\bar{x}$
$r = 0,6$	$r=0,65$	$r=0,86$	$r=0,81$	$r=0,79$

Примечания: $\bar{x}$ – завязываемость плодов без опыления, средняя за 3 года
Notes: $\bar{x}$ – fruit set without pollination, average for 3 years

При создании гетерозисных гибридов партенокарпического огурца оба родительских компонента должны обладать хорошо выраженной партенокарпией. В 2023 году изучали 20 гибридных комбинаций, от скрещиваний 13 материнских и 15 отцовских форм, по комплексу хозяйственно полезных признаков, в том числе и по степени партенокарпии.

Для характеристики наследования признака партенокарпии (завязываемости плодов без опыления) гибридами F_1 использовали показатель h_p «степень доминантности». Наследование признака партенокарпии изучали только у комбинаций с участием отцовских форм женского и преимущественно женского типов цветения (20 гибридных комбинаций)(табл.4).

В результате изучения 20 гибридных комбинаций был получен следующий результат: «У 4-х – признак партенокарпии наследовался по промежуточному типу; у 1-й – по принципу положительного доминирования; у 1-й – отрицательного доминирования; у 9-ти – был отмечен положительный гетерозис; у 5-ти – отрицательный гетерозис». Можно сделать вывод, что у половины гибридных комбинаций был отмечен положительный гетерозисный эффект по завязываемости плодов без опыления, по сравнению с их родительскими формами. В гибридных комбинациях: Л-170 х Л-196 ($h_p=13,1$) и Л-197 х Л-171 ($h_p=10,9$) наблюдался самый высокий гетерозис.

Таблица 4. Характер наследования признака партенокарпии гибридами огурца в первом поколении (Весенняя теплица)
Table 4. Inheritance of parthenocarpy trait by cucumber hybrids in the first generation (Spring greenhouse)

Гибридная комбинация	Значение признака, %			h_p
	P1	P2	F1	
Л-211 х Л-132	84,9	74,1	66,0	-2,5
Л-211 х Л-135	84,9	54,8	61,8	-10,0
Л-128 х Л-167	59,2	65,4	56,2	-1,97
Л-128 х Л-130	59,2	69,7	79,6	+2,9
Л-168 х Л-130	55,8	69,7	81,6	+2,7
Л-130 х Л-178	55,8	74,8	67,4	+0,2
Л-198 х Л-170	50,8	54,8	61,7	+4,4
Л-198 х Л-167	50,8	65,4	77,2	+3,2
Л-171 х Л-132	54,8	74,1	58,9	-0,57
Л-170 х Л-196	54,8	56,2	64,7	+13,1
Л-191 х Л-196	55,0	56,2	61,4	+9,7
Л-135 х Л-196	80,7	56,2	76,1	+0,6
Л-135 х Л-178	80,7	74,8	70,0	-2,7
Л-197 х Л-171	56,6	54,8	66,5	+10,8
Л-178 х Л-208	74,8	60,1	64,2	-0,4
Л-199 х Л-191	64,2	54,8	58,3	-0,2
Л-210 х Л-168	61,0	55,8	61,8	+1,3
Л-210 х Л-129	61,0	59,0	57,1	-2,9
Л-143 х Л-178	38,8	74,8	54,6	-0,1
Л-166 х Л-202	50,5	36,4	62,1	+1,2

Примечание: P₁ – материнская форма; P₂ – отцовская форма
Note: P₁ – maternal form; P₂ – paternal form



Рис.3. Гибрид огурца F₁ Денди
Fig. 3. Cucumberhybrid F₁ Dendi

Следует отметить, что все гибридные комбинации от скрещиваний с отцовской формой Л-130 проявили гетерозис по завязываемости плодов без опыления. Гибридные комбинации от скрещиваний с отцовской формой Л-196, отличались доминированием и сверхдоминированием по признаку партенокарпии. В гибридных комбинациях с участием в качестве материнской формы Л-198 отмечен гетерозис по этому признаку. Очевидно, вышеуказанные формы обладают хорошей комбинационной способностью по признаку завязываемости плодов без опыления.

Отрицательное доминирование и сверхдоминирование были отмечены в комбинациях с участием в качестве отцовской формы Л-132.

Таким образом, в селекции на партенокарпию в качестве отцовских форм наиболее целесообразно использовать Л-130, Л-196, в качестве материнской – Л-170, Л-198 и Л-197. Наиболее перспективной в качестве отцовской формы является Л-171.

Полученные данные совпадают с данными Живницкой и Гусевой, что партенокарпия гибридов огурца в первом поколении в значительной степени определяется генотипами исходных форм, использованных в гибридизации. Проявление партенокарпии у гибридов F₁ может варьировать от положительного гетерозиса до промежуточного уровня и даже отрицательного доминирования [25], а в нашем опыте, еще и отрицательного гетерозиса. В нашем опыте у 45 % гибридных комбинаций отмечен положительный гетерозисный эффект по этому признаку, что указывает на возможность создания гибридных комбинаций с более высоким уровнем партенокарпии по сравнению с родительскими формами.

В гибридных комбинациях: Л-170 х Л-196 и Л-197 х Л-171 наблюдался самый высокий гетерозисный эффект по степени партенокарпии ($h_p=13,1$ и $h_p=10,9$ соответственно). По результатам 2-х летних испытаний гибридная комбинация Л-170 х Л-196 – 1 выделилась по уро-

жайности и другим хозяйственно полезным признакам и была передана на испытание в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») в 2023 году под названием F₁ Денди (рис.3).

Гибрид F₁ Денди предназначен для выращивания в весенних теплицах. Ценность гибрида: выносливость к перепадам температур; раннеспелость – начало съемной спелости на 43-47 сутки после полных всходов; высокая степень партенокарпии; повышенная устойчивость к настоящей мучнистой росе. Плоды этого гибрида короткие, длиной 9,5-11,0 см, часто бугорчатые, веретеновидной формы, темно-зеленой окраски без рисунка, высоких вкусовых качеств.

Закключение

В условиях весенних пленочных теплиц жесткий отбор селекционных образцов огурца по степени партенокарпии, в течении 3-х лет, позволил улучшить этот признак в среднем на 10,3-17,1%, в зависимости от года исследований и генотипов изучаемых образцов. Были отобраны 3 линии (Л-132, Л-135, Л-161) женского типа цветения, отличающиеся не только высокой степенью партенокарпии, но и стабильностью проявления этого признака по годам.

Выделены гибридные комбинации, обладающие наиболее высоким гетерозисным эффектом по степени партенокарпии, по сравнению с родительскими формами. Одна из этих комбинаций, по результатам 2-х летней оценки по комплексу хозяйственно полезных признаков передана на испытание в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») в 2023 году под названием F₁ Денди (рис.3). Этот гибрид внесли в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ с 2025 года.

• Литература

1. Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. ВНИИССОК; 2007. 807 с.
2. Федеральная служба государственной статистики. Федеральная служба государственной статистики (дата обращения: 28 ноября 2023 г.). Доступно на: <https://rosstat.gov.ru/>
3. Sturtevant E.L. Seedless Fruits. Memoirs of the torrey botanical club. 1890;1(4):141–185.
4. Noll F. Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. Universitäts-Buchdruckerei; 1902.
5. Wellington R., Hawthorne L.R. A parthenocarpic hybrid obtained from crossing an English force cucumber and an Arlington white root. *Proc Amer Op Hort The science*. 1928;(26):97–100.
6. Pierce L.K., Wehner T.C. Gene list for cucumber. *Cucurbit Genet Coop*. 1989;(12):91–103.
7. Pike L.M., Peterson C.E. Inheritance of parthenocarp in the cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 1969;18(1):101–105. <https://doi.org/10.1007/BF00021987>
8. Юрина О.В., Пивоваров В.Ф., Балашова С.С. Селекция и семеноводство тыквенных культур в России. 1998. 424 с.
9. Kvasnikov B.V., Rogova N.T., Tarakanova S.I., Ignatova S.I. Methods of breeding vegetables for growing under cover. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1970;42(3):45–57.
10. Квасников Б.В., Порова Н.Т. Особенности методики селекции тепличных сортов огурца партенокарпического типа. *Научные труды НИИОХ. Селекция и семеноводство овощных и бахчевых культур*. 1976;(6):84.
11. Gou C., Zhu P., Meng Y., Yang F., Xu Y., Xia P. Evaluation and genetic analysis of parthenocarpic germplasms in cucumber. *Genes*. 2022;13(2):225. <https://doi.org/10.3390/genes13020225>.
12. Devi S., Sharma P.K., Behera T.K., Jaiswal S., Boopalakrishnan G., Kumari K., et al. Identification of a major QTL, Parth6.1 associated with parthenocarpic fruit development in slicing cucumber genotype, Pusa Parthenocarpic Cucumber-6. *Frontiers in Plant Science*. 2022;(13):1064556. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1064556>
13. Kaur M., Sharma P., Sharma A., Lata H., Kumar N.. SSR analysis to assess genetic diversity and population structure in parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Horticultural Sciences*. 2023;18(1):46–52. <https://doi.org/10.24154/jhs.v18i1.2146>
14. De Ponti O.M.B., Garretsen F. Inheritance of parthenocarp in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters. *Euphytica*. 1976;25(1):633–642. <https://doi.org/10.1007/BF00041600>
15. El-Shawaf II.S., Baker L.R. Inheritance of parthenocarpic yield in gynocarpic pickling cucumber for once-over mechanical harvest by diallel analysis of six gynocarpic lines1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1981;106(3):359–364. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.3.359>
16. Hawthorn L.R., Wellington R. Geneva, a greenhouse cucumber that develops fruit without pollination. New York State Agricultural Experiment Station; 1930.
17. Юлдашева Л.М. Исходный материал для получения короткоплодных партенокарпических гибридов огурца. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1971. 45 с.
18. Hinnawy E.E., Pierrot H. Effect of some growth regulating substances and carbohydrates on chlorophyll production in *Melilotus alba* (Desr.) callus tissue cultures. *Zeitschrift für Pflanzen physiologie*. 1974;74(2):95–105. [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(74\)80163-7](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(74)80163-7)
19. Sun Z., Lower R.L., Staub J.E. Analysis of generation means and components of variance for parthenocarp in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Breeding*. 2006;125(3):277–280. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2006.01224.x>
20. Юлдашева Л.М. Наследование склонности к партенокарпии у огурца. *Бюллетень ВИР*. 1973;(32):58–59.
21. Марченко О.З. Особенности селекции партенокарпических сортов огурцов. Овощеводство и бахчеводство. 1972. С. 40–43.
22. Масловская Е.М. Селекция партенокарпических гибридов огурца для условий весенне-летнего культурооборота. 2007.
23. Коротцева И.Б. Оценка завязываемости плодов перспективных гибридов огурца партенокарпического типа для первого оборота зимних теплиц. *Известия ФНЦО*. 2019;(2):19–24. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-19-24>
24. Гапоненко И.В. Источники морфобиологических и хозяйственно ценных признаков для селекции партенокарпического огурца. *Земледелие и растениеводство*. 2022;(3):13–16.
25. Живницкая М.Д., Гусева Л.И. Партенокарпия у гибридов огурца F₁ и ее наследование в расщепляющихся популяциях. *Сельскохозяйственная биология*. 1983;(12):24–26.
26. Вишневская Г.И., Порова Н.Т. Методика определения степени партенокарпии у огурцов. *Труды НИИСХ Крайнего Севера*. 1969;(17):220.
27. Рекомендации и методические указания по селекции и семеноводству огурца. Москва: ВНИИССОК; 1999. 243 с.
28. Jat G.S., Munshi A.D., Behera T.K., Bhardwaj C. Inheritance of parthenocarp in gynocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivar PPC-2. *Journal of Horticultural Sciences*. 2017;12(2):193–7. <https://doi.org/10.24154/jhs.v12i2.23>
29. Tian Z., Jahn M., Qin X., Obel H.O., Yang F., Li J. Genetic and Transcriptomic Analysis Reveal the Molecular Basis of Photoperiod-Regulated Flowering in Xishuangbanna Cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannensis* Qi et Yuan). *Genes*. 2021;12(7):1064. <https://doi.org/10.3390/genes12071064>
30. Wang M., Su L., Cong Y., Chen J., Geng Y., Qian C., et al. Sugars enhance parthenocarpic fruit formation in cucumber by promoting auxin and cytokinin signaling. *Scientia Horticulturae*. 2021;(283):110061. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110061>
31. Chaudhari V.M., Barot D., Patel N.A., Vaghela A.G. Utility of Parthenocarp in Vegetable Crops: A Review. *Advances in Research*. 2024. <https://doi.org/10.9734/air/2024/v25i41128>
32. Блинова Т., Цуркан Т. Изучение партенокарпии новых гибридов огурца в условиях необогреваемой пленочной теплицы. *Биотехнологии авансате – realizări și perspective Ediția IV-a*, 2016. Simpozionul "Biotehnologii avansate – realizări și perspective", Chișinău, Moldova, 3-4 octombrie 2016. С. 138–138.
33. Гладышко С.Н. Создание исходного материала для селекции огурца для открытого грунта Нечерноземной зоны России. 2002.
34. Леонова А.В. Партенокарпия и ее значение в селекции огурца. Санкт-Петербург. 2000.
35. Масловская Е.М., Бирюкова Н.К. Влияние условий выращивания на проявление партенокарпии огурца. Сб. Селекция, семеноводство и биотехнология овощных и бахчевых культур. Москва; 2003. С. 302–304.
36. Налобова В.Л., Хлебобородов А.Я. Селекция и семеноводство огурца открытого грунта. Минск: Издательский дом "Белорусская наука"; 2012. 244 с.
37. Matlob A.N., Kelly W.C. Growth regulator activity and parthenocarpic fruit production in snake melon and cucumber grown at high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1975;100(4):406–409.
38. Тараканова С.И. Особенности формирования ассимиляционного аппарата и урожая у партенокарпических сортов и гибридов тепличного огурца в зимне-весенней культуре. Биологические основы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. 1978. С. 122–125.
39. Россов Н.Б., Сидорский А.Г., Деев С.В. Наследование партенокарпии у огурцов. В Ленинград; 1977.
40. Селиванова М.В., Романенко Е.С., Айсанов Т., Миронова Е.С. Влияние антистрессантов на продуктивность тепличного огурца. *Сельскохозяйственный журнал*. 2020;5(13):42–47. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.5.13.2020>
41. Su L., Rahat S., Ren N., Kojima M., Takebayashi Y., Sakakibara H., et al. Cytokinin and auxin modulate cucumber parthenocarpic fruit development. *Scientia Horticulturae*. 2021;(282):110026. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110026>
42. Mandal N., Kumari K., Kundu A., Arora A., Bhowmick P., Iquebal M., et al. Cross-talk between the cytokinin, auxin, and gibberellin regulatory networks in determining parthenocarp in cucumber. *Frontiers in Genetics*. 2022;13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.957360>
43. Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И. Овощеводство защищенного грунта: учебник. Колос; 1983.
44. Petr F.C., Frey K.J. Genotypic Correlations, Dominance, and Heritability of Quantitative Characters in Oats 1. *Crop Science*. 1966;6(3):259–62. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600030013x>
45. ВИР. Методические указания по селекции овощных культур. Санкт-Петербург; 1983.

• References

1. Pivovarov V.F. Breeding and seed production of vegetable crops. VNISSOK; 2007. 807 p. (In Russ.)
2. Federal State Statistics Service [Internet]. Federal State Statistics Service. [date of access: November 28, 2023]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/> (In Russ.)
3. Sturtevant E.L. Seedless Fruits. Memoirs of the torrey botanical club. 1890;1(4):141–185.
4. Noll F. Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. Universitäts-Buchdruckerei; 1902.
5. Wellington R., Hawthorne L.R. A parthenocarpic hybrid obtained from crossing an English force cucumber and an Arlington white root. Proc Amer Op Hort The science. 1928;(26):97–100.
6. Pierce L.K., Wehner T.C. Gene list for cucumber. Cucurbit Genet Coop. 1989;(12):91–103.
7. Pike L.M., Peterson C.E. Inheritance of parthenocarp in the cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 1969;18(1):101–105. <https://doi.org/10.1007/BF00021987>
8. Yurina O.V., Pivovarov V.F., Balashova S.S. Breeding and seed production of pumpkin crops in Russia. 1998. 424 p. (In Russ.)
9. Kvasnikov B.V., Rogova N.T., Tarakanova S.I., Ignatova S.I. Methods of breeding vegetables for growing under cover. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1970;42(3):45–57.
10. Kvasnikov B.V., Rogova N.T. Features of the methodology for breeding greenhouse varieties of parthenocarpic cucumber. Scientific works of the Research Institute of Organic Chemistry. Breeding and seed production of vegetable and melon crops. 1976;(6):84. (In Russ.)
11. Gou C., Zhu P., Meng Y., Yang F., Xu Y., Xia P. Evaluation and genetic analysis of parthenocarpic germplasms in cucumber. *Genes*. 2022;13(2):225. <https://doi.org/10.3390/genes13020225>.
12. De Ponti O.M.B., Garretsen F. Inheritance of parthenocarp in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters. *Euphytica*. 1976;25(1):633–642. <https://doi.org/10.1007/BF00041600>
13. El-Shawaf II.S., Baker L.R. Inheritance of parthenocarpic yield in gynoeious pickling cucumber for once-over mechanical harvest by diallel analysis of six gynoeious lines1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1981;106(3):359–364. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.3.359>
14. Hawthorn L.R., Wellington R. Geneva, a greenhouse cucumber that develops fruit without pollination. New York State Agricultural Experiment Station; 1930.
15. Yuldasheva L.M. Initial material for obtaining short-fruited parthenocarpic cucumber hybrids. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1971. 45 p. (In Russ.)
16. Hinnawy E.E., Pierrot H. Effect of some growth regulating substances and carbohydrates on chlorophyll production in *Melilotus alba* (Desr.) callus tissue cultures. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*. 1974;74(2):95–105. [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(74\)80163-7](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(74)80163-7)
17. Sun Z., Lower R.L., Staub J.E. Analysis of generation means and components of variance for parthenocarp in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Breeding*. 2006;125(3):277–280. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2006.01224.x>
18. Yuldasheva LM Inheritance of the tendency to parthenocarp in cucumber. Bulletin of VIR. 1973;(32):58–59. (In Russ.)
19. Marchenko OZ Peculiarities of breeding parthenocarpic cucumber varieties. *Vegetable and melon growing*. 1972;40–43. (In Russ.)
20. Maslovskaya EM Breeding parthenocarpic cucumber hybrids for spring-summer crop rotation. 2007. (In Russ.)
21. Korotseva I.B. Evaluation of the set of promising fruits of parthenocarpic cucumber hybrids for winter greenhouses. *News FSVC*. 2019;(2):19–24. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-19-24> <https://www.elibrary.ru/hlrdaya> (In Russ.)
22. Gaponenko I.V. Sources of morphobiological and economically valuable traits for the selection of parthenocarpic cucumber. *Agriculture and plant growing*. 2022;(3):13–16. (In Russ.)
23. Zhivnitskaya M.D., Guseva L.I. Parthenocarp in cucumber F₁ hybrids and its inheritance in segregating populations. *Agricultural biology*. 1983;(12):24–26. (In Russ.)
24. Vishnevskaya GI, Rogova NT Methodology for Determining the Degree of Parthenocarp in Cucumbers. *Proceedings of the Far North Research Institute of Agriculture*. 1969;(17):220. (In Russ.)
25. Recommendations and guidelines for cucumber selection and seed production. Moscow: VNISSOK; 1999. 243 p. (In Russ.)
26. Tian Z., Jahn M., Qin X., Obel H.O., Yang F., Li J. Genetic and Transcriptomic Analysis Reveal the Molecular Basis of Photoperiod-Regulated Flowering in Xishuangbanna Cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannensis* Qi et Yuan). *Genes*. 2021;12(7):1064. <https://doi.org/10.3390/genes12071064>
27. Wang M., Su L., Cong Y., Chen J., Geng Y., Qian C., et al. Sugars enhance parthenocarpic fruit formation in cucumber by promoting auxin and cytokinin signaling. *Scientia Horticulturae*. 2021;(283):110061. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110061>
28. Chaudhari V.M., Barot D., Patel N.A., Vaghela A.G. Utility of Parthenocarp in Vegetable Crops: A Review. *Advances in Research*. 2024. <https://doi.org/10.9734/air/2024/v25i41128>
29. Blinova T., Tsurkan T. Study of parthenocarp of new cucumber hybrids in conditions of unheated film greenhouse. Biotechnology advances – realizations and perspectives. 4th edition, 2016. Workshop "Biotechnology advances – realizations and perspectives", Chisinau, Moldova, October 3–4, 2016. P. 138–138.
30. Gladysheva S.N. Creation of source material for cucumber breeding for open ground in the Non-Chernozem zone of Russia. 2002. (In Russ.)
31. Leonova A.V. Parthenocarp and its importance in cucumber breeding. St. Petersburg. 2000. (In Russ.)
32. Maslovskaya E.M., Biryukova N.K. Influence of growing conditions on the manifestation of parthenocarp in cucumber. Collection of articles: Breeding, seed production and biotechnology of vegetable and melon crops. Moscow; 2003. P. 302–304. (In Russ.)
33. Nalobova V.L., Khleborodov A.Ya. Breeding and seed production of open-ground cucumber. Minsk: Publishing House "Belarusian Science"; 2012. 244 p. (In Russ.)
34. Matlob A.N., Kelly W.C. Growth regulator activity and parthenocarpic fruit production in snake melon and cucumber grown at high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1975;100(4):406–409.
35. Tarakanova S.I. Features of formation of assimilation apparatus and yield in parthenocarpic varieties and hybrids of greenhouse cucumber in winter-spring culture. Biological bases of increasing crop yields. 1978. P. 122–125. (In Russ.)
36. Rossov N.B., Sidorsky A.G., Deev S.V. Inheritance of parthenocarp in cucumbers. In Leningrad; 1977. (In Russ.)
37. Selivanova M.V., Romanenko E.S., Aysanov T.S., Mironova E.A. The influence of anti-stress fertilizers on the productivity of greenhouse cucumber. *AGricultural journal*. 2020;5(13):42–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.5.13.2020> <https://elibrary.ru/mfdfsne>
38. Su L., Rahat S., Ren N., Kojima M., Takebayashi Y., Sakakibara H., et al. Cytokinin and auxin modulate cucumber parthenocarpic fruit development. *Scientia Horticulturae*. 2021;(282):110026. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110026>
39. Mandal N., Kumari K., Kundu A., Arora A., Bhowmick P., Iquebal M., et al. Cross-talk between the cytokinin, auxin, and gibberellin regulatory networks in determining parthenocarp in cucumber. *Frontiers in Genetics*. 2022;13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.957360>
40. Bryzgalov V.A., Sovetkina V.E., Savinova N.I. Protected ground vegetable growing: a textbook. Kolos; 1983. (In Russ.)
41. Petr F.C., Frey K.J. Genotypic Correlations, Dominance, and Heritability of Quantitative Characters in Oats 1. *Crop Science*. 1966;6(3):259–62. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600030013x>
42. VIR. Methodical guidelines for the breeding of vegetable crops. St. Petersburg; 1983. (In Russ.)

Об авторах:

Ирина Борисовна Коротцева – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, SPIN-код: 2400-3150, автор для переписки, korotseva@mail.ru
Сергей Николаевич Белов – кандидат с.-х. наук, м.н.с. лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции с.-х. растений, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, SPIN-код: 2054-6579, belov.ser.nik@gmail.com

About the Authors:

Irina B. Korotseva – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, SPIN-code: 2400-3150, Correspondence Author, korotseva@mail.ru
Sergey N. Belov – Cand. Sci. (Agriculture), Junior researcher of laboratory of reproductive biotechnology in crop breeding, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, SPIN-code: 2054-6579, belov.ser.nik@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>
УДК: 635.64:631.527.56

И.В. Козлова*,
Е.А. Мазыкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» 350921, Россия, г. Краснодар, п. Белозерный, д. 3

*Автор для переписки: k.irina1967@mail.ru

Вклад авторов: Козлова И.В.: проведение исследований, создание рукописи и ее редактирование. Мазыкина Е.А.: создание рукописи и ее редактирование.

Список сокращений: ФМС – функциональная мужская стерильность. ПЦР – Полимеразная цепная реакция.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Козлова И.В., Мазыкина Е.А. Создание селекционного материала томата с генами устойчивости на основе линий с функциональной мужской стерильностью. *Овощи России*. 2025;(2):14-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>

Поступила в редакцию: 14.11.2024

Принята к печати: 10.01.2025

Опубликована: 15.04.2025

Irina V. Kozlova*,
Elena A. Mazykina

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Rice Centre"
3, Belozerny village, Krasnodar,
Russian Federation, 350921

*Correspondence Author: k.irina1967@mail.ru

Authors' Contribution: Kozlova I.V.: conducting research, writing the manuscript and editing it, Mazykina E.A.: writing the manuscript and editing it.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interests.

For citation: Kozlova I.V., Mazykina E.A. Creation of tomato breeding material with resistance genes based on lines with functional male sterility. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):14-19. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-14-19>

Received: 14.11.2024

Accepted for publication: 10.01.2025

Published: 15.04.2025

Создание селекционного материала томата с генами устойчивости на основе линий с функциональной мужской стерильностью

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Выращивание томата в Краснодарском крае в открытом грунте более затратно по сравнению с другими регионами. Одной из основных причин является дорогостоящая система защиты от болезней, которые широко распространены на томате. Наиболее опасными заболеваниями являются фитофтороз, альтернариоз и фузариоз, в годы эпифитотии потери урожая плодов могут достигать до 90%. Данные заболевания вызываются патогенными грибами и оомицетами. Самым эффективным способом борьбы с ними является создание высоко толерантных гибридов. Особенно это актуально для юга России, где погодные условия являются благоприятными для развития болезней и стрессовая нагрузка на растения максимальна.

Цель исследования. Создать селекционный материал томата (*Solanum lycopersicum*) различного направления использования на базе линий с функциональной мужской стерильностью с генами устойчивости к наиболее вредоносным заболеваниям

Материалы и методы. С 2018 года в отделе овощеводства начата работа по введению в линии с признаком функциональной мужской стерильности различного целевого назначения генетического материала от доноров, обладающих генами устойчивости к патогенам: фитофторозу, фузариозу и альтернариозу. В селекционной работе использовали методы классической селекции. На первом этапе идентифицированы гены *Ph-3*, *I-2* и *Asc*, обеспечивающие устойчивость к этим заболеваниям в селекционном материале, имеющемся в отделе овощеводства ФГБУ «ФНЦ риса». В 2023 году проведен анализ 188 инбредных линий на наличие и аллельное состояние генов устойчивости к по методу Murray and Thompson.

Результаты. По результатам исследования выделен селекционный материал, обладающий генами устойчивости к патогенам, работа по оценке которого будет продолжена. Среди стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*), среди линий-опылителей генами устойчивости к фитофторозу обладают образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2. 4 образца имеют комплекс генов устойчивости – ФМС-линии: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); линии-опылители: 127-3 и 137-5 (*I-2*, *Ph3*). Выделенные линии различаются по форме, массе и окраске плодов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, линия, селекционный материал, устойчивость, функциональная мужская стерильность, селекция



Creation of tomato breeding material with resistance genes based on lines with functional male sterility

ABSTRACT

Relevance. Growing tomatoes in the Krasnodar Territory in the open ground is more expensive compared to other regions. One of the main reasons is the expensive system of protection against diseases that are widespread on tomatoes. The most dangerous diseases are late blight, alternariasis and fusarium, during epiphytotic years, fruit yield losses can reach up to 90%. These diseases are caused by pathogenic fungi and oomycetes. The most effective way to combat them is to create highly tolerant hybrids. This is especially true for the south of Russia, where weather conditions are favorable for the development of diseases and the stress load on plants is maximum

The purpose of the study. To create a tomato breeding material (*Solanum lycopersicum*) of various uses based on lines with functional male sterility with genes of resistance to the most harmful diseases

Materials and methods. Since 2018, the Department of Horticulture has begun work on introducing various target names of genetic material from donors with pathogen resistance genes: late blight, fusarium and alternariasis into the line with a statement on functional male sterility. The methods of classical breeding were used in the breeding work. At the first stage, the *Ph-3*, *I-2* and *Asc* genes were identified, providing resistance to these diseases in the breeding material available in the department of horticulture of the Federal State Budgetary Institution "FNC Ris". In 2023, 188 inbred lines were analyzed for the presence and allelic location of resistance genes to the Murray and Thompson method.

Results. According to the results of the study, breeding material with genes of resistance to pathogens has been identified, the work on the evaluation of which will continue. Among the sterile lines, 4 samples (101-2, 104-2, 106-1 and 107-2) have genes for resistance to late blight (*Ph3*), 2 samples (100-2 and 124-6) – to fusarium wilt (*I-2*) and 4 samples (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) to alternariasis (*Asc*), among the lines-pollinators have genes of resistance to late blight in samples: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; to fusarium: 127-3, 99-5, 137-5; to alternariasis: 94-5, 92-3 and 95-2. 4 samples have a complex of resistance genes – FMS lines: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); pollinator lines: 127-3 and 137-5 (*I-2*, *Ph3*). The highlighted lines differ in shape, weight and color of the fruits

KEYWORDS:

tomato, line, breeding material, resistant, functional male sterility, selection

Введение

Среди овощных культур наиболее популярной в России является томат. Плоды томата всесторонне используются в кулинарии и на перерабатывающих предприятиях. Из-за популярности культуры и широкого спектра использования томаты выращивают как крупные агрокомплексы, так и дачники на своих приусадебных участках [1]. В Краснодарском крае томат поражает множество болезней, вызванных вирусами, бактериями, грибами и оомицетами [2]. Среди распространенных болезней, повреждающих томат на всех стадиях вегетации наиболее опасны *Fusarium oxysporum* var. *lycopersici*, вызывающий фузариозное увядание, *Phytophthora infestans* Mont. de Bary, вызывающий заболевание фитофтороз и *Alternaria alternata* var. *lycopersici*, возбудитель альтернариоза. Поэтому, наряду с высокими показателями хозяйственно-ценных признаков, необходимо повышение устойчивости селекционных достижений к наиболее вредоносным заболеваниям.

В южных регионах России фитофтороз встречается повсеместно, хотя интенсивность его проявления в разные годы неодинакова и в основном определяется погодными условиями, устойчивостью сортов и расовым составом популяции патогенов. Возбудитель фитофтороза отличается не только высокой вредоносностью, но и сильной изменчивостью, благодаря которой он быстро преодолевает устойчивость сортов и защитное действие фунгицидов [3]. К настоящему времени у томата найден ряд генов вертикальной устойчивости. Ген *Ph-1* (хромосома 7) – доминантный ген обеспечивает устойчивость к расе T0 и нескольким изолятам расы T1. Ген *Ph-2* (хромосома 10) неполно-доминантный ген, обеспечивает частичную устойчивость к нескольким изолятам расы T1, замедляет, но не останавливает прогрессирование заболевания. Ген (*Ph-3*) (хромосома 9) обеспечивает неполную доминирующую устойчивость к широкому спектру изолятов *Phytophthora infestans* томатов, в том числе и к тем, которые преодолевают *Ph-1* и *Ph-2* гены [4, 5, 6, 7].

Также серьезный вред посадкам томата причиняет альтернариоз. Патоген поражает все надземные части растения, его можно идентифицировать по темно-коричневым пятнам с концентрическими кольцами. Вырабатываемый болезнетворным грибом ALL-токсин распространяется в тканях растения, приводит к некрозу тканей листа, опоясывает стебель и образует сначала серые, а затем вдавленные концентрические круги на плодах [8, 9]. Дожди, орошение и наличие рос, являются благоприятными факторами для распространения заболевания [10]. В исследованиях видового состава возбудителей альтернариоза томата, выделяют три вида: *A. alternata*, *A. solani* и *A. infectoria*. В Краснодарском крае отмечается распространение вида *A. Alternata* [11]. Из литературных источников известно, что за устойчивость к *A. Alternata* на томате отвечает ген *Asc*, который располагается на длинном плече хромосомы 3 томата [12].

Фузариозное увядание, возбудитель которого гриб рода *Fusarium*, является опасным заболеванием на культуре томата, как в открытом, так и закрытом грунте. Этот почвенный гриб вызывает у томата болезнь увядания, которая может привести к потере более 30% урожая. На растениях болезнь проявляется в задержке

роста и развития, пожелтении, преждевременном опадении нижних листьев, а также дальнейшим увяданием и гибелью растений.

В настоящее время идентифицированы три расы *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* у томата. В России были выявлены две расы, но наносит существенный ущерб (более 90%) раса 1, в единичных хозяйствах встречается раса 2 [13]. Контролируют устойчивость к фузариозу гены *I*; *I-2*; *I-3*. Нгуен Т.Л. (2015) установил, что применение молекулярных маркеров сокращает процесс селекции путем отбора устойчивых генотипов к фузариозу томата и рекомендовали использовать линии томата, содержащие ген *I-2* в состоянии гомозиготы [14].

В настоящее время самым распространенным способом борьбы с этими заболеваниями является применение химических препаратов. Для снижения вредоносности патогенов на рынке представлено большое количество фунгицидов [15]. Но их применение не всегда гарантирует эффективную защиту. Поэтому важным является внедрение в производство сортов и гибридов томата, обладающих устойчивостью к распространенным заболеваниям. В связи с этим, селекционная работа в этом направлении является актуальной.

Перспективным остается направление селекции сортов томатов различного целевого назначения. Различают несколько групп: салатные сорта (употребляют как в свежем виде, так и используют для приготовления томатного сока); консервные сорта (пригодны для цельноплодной консервации и других видов переработки). Важным признаком у сортов, пригодных к употреблению в свежем виде является высокие вкусовые качества, которые определяются сахарокислотным коэффициентом, а у сортов консервного направления – высокое содержание сухого вещества и плотность мякоти [16].

Среди профессионалов и любителей существует потребность в сортах с плодами разной формы, окраски и размеров, от самых мелких (черри) до крупноплодных (биф), от плоскоокруглых и сливовидных до перцевидных и сердцевидных, от желто-оранжевой окраски до малиновой. Форма плода – важный признак у сортов, предназначенных для цельноплодного консервирования. Для этой цели подходят сорта с мелкими и средними плодами, округлой, овальной и сливовидной формы. Сочетания таких размеров и форм плодов позволяют увеличить массовую долю продукта в консервах.

Наиболее востребованы на рынке гетерозисные гибриды, превосходящие линейные сорта по многим показателям. Создание гибридов, путем опыления предварительно кастрированных бутонов – трудозатратный и долгий процесс. Облегчает эту задачу введение в селекционный процесс линий с функциональной мужской стерильностью (ФМС), которые производят жизнеспособную пыльцу, но являются стерильными по механическим причинам. Гибридизация таких стерильных линий проводится легче и почти в два раза быстрее, чем фертильных. Поэтому одним из перспективных направлений селекции томатов в ФГБНУ «ФНЦ риса» является создание линий с ФМС, несущих гены устойчивости к основным заболеваниям юга России и создание на их основе гетерозисных гибридов различного целевого направления.

Цель исследований

Создание селекционного материала томата различного направления с генами устойчивости к альтернариозу, фузариозу и фитофторозу путем внутривидовой гибридизации на базе линий с функциональной мужской стерильностью.

Материалы и методы.

Исследования проводили в лабораторных условиях, селекционной пленочной теплице и камере искусственного климата ФГБНУ «ФНЦ риса». Материалом для исследований служили стерильные линии томата, коллекционный, селекционный материал, сорта, гибриды селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и коллекции Федерального исследовательского центра "Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова". В селекционной работе использовали методы классической селекции на основе результатов молекулярно-генетического анализа.

Молекулярно-генетический анализ образцов проводился в лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса». Молекулярно-генетический анализ проводился при помощи ПЦР с использованием SCAR и SNP-маркеров. Идентификация гена устойчивости к фитофторозу *Ph3* проводилась с использованием маркера R2M1S. Наличие гена устойчивости к фузариозному увяданию *I2* определялось с использованием праймерной пары *I-2/5*, гена устойчивости к альтернариозу *Asc* – с помощью набора SSR-маркера 0022+0181 и 0022+1170. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводилось при 200 В в течение 3 ч в 8 % ПААГ геле. [17,18,19]. Для молекулярно-генетического анализа ДНК выделялся образец ткани из свежесрезанной части листовой пластинки растений томата на стадии 4-5 листьев методом СТАВ с модификациями [20, 21].

На основе полученных в 2022 году результатов был создан новый селекционный материал путем гибридизации стерильных линий с донорами генов устойчивости *I-2*, *Asc* и *Ph3* из коллекции ВИРа в камере искусственного климата в осенне-зимний период. Отбор стерильных растений из расщепляющегося гибридного поколения проводили в питомнике гибридизации, размещающейся в пленочной весенней не отапливаемой теплице с боковой и коньковой вентиляцией.

Результаты и обсуждения

С 2015 года в селекционном питомнике проводились работы по созданию и изучению новых стерильных линий томата для открытого грунта. На основе материнских исходных форм с функциональной мужской стерильностью полудетерминантного типа роста и низкорослых доноров были созданы гибриды, обладающие целым рядом полезных хозяйственно-ценных признаков.

Из расщепляющихся популяций гибридов F_2 и F_3 путем индивидуального отбора получены новые формы различного назначения, отличающиеся по окраске и форме плода, обладающие признаком ФМС и адаптивных к условиям возделывания.

С 2018 года в отделе начата работа по введению в селекционный процесс генетического материала от

доноров, обладающих генами устойчивости к патогенам: фитофторозу (*Ph*), фузариозу (*I-2*) и альтернариозу (*Asc*). Ускорение процесса создания устойчивого селекционного материала возможно при применении современных методов, в частности молекулярного маркирования. Надо отметить, что данные подходы в нашем отделе применены на томате впервые, с целью создания устойчивого исходного материала, как стерильных линий, так и линий-опылителей, который планируется включить в дальнейшем в селекционный процесс.

Вовлечение линий с функциональной мужской стерильностью с заданными параметрами устойчивости к болезням и адаптивностью к условиям выращивания в процесс гибридизации позволяет создавать высокопродуктивные гетерозисные гибриды, способные конкурировать с зарубежными и отечественными аналогами.

Для создания генетически чистых гомозиготных материнских и отцовских форм с генами устойчивости провели ряд инбредных скрещиваний линий, имеющих гены интереса. Одновременно проводились отборы линейного материала по наличию и аллельному состоянию интересующего гена. Для этого совместно с лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий провели анализ ДНК ФМС-линий и отцовских форм. Селекционный питомник ФМС – линий и линий-опылителей был представлен 188 образцами. В результате исследований выполнен скрининг селекционных образцов на наличие в их генотипах целевых генов устойчивости к альтернариозу, фузариозу и фитофторозу [18,19].

По итогу получен селекционный материал, который оценен по биометрическим показателям. Все выделившиеся линии имели хорошую нагрузку плодами. Работа по оценке перспективного материала с генами устойчивости будет продолжена, в том числе будет дана фенотипическая оценка и оценка комбинационной способности по продуктивности.

Все генотипы значительно различались как по размеру, так по форме и окраске плодов. Из таблицы 1 видно, что среди стерильных линий салатного назначения (106-1 и 107-2) имели крупные плоды красной и малиновой окраски, плоскоокруглой и округлой формы. Линии универсального назначения (101-2, 104-2, 124-6) - плоды массой до 100 грамм, плоскоокруглой и округлой формы, красной окраски, пригодные как для потребления в свежем виде, так и для переработки на тоματοпродукты. Образцы 91-1, 100-2 и 105-1 характеризовались мелкими плодами (50-70 г) округлой и кубовидной формы, что делает их пригодными для цельноплодного консервирования и переработки на тоματοпродукты.

Отсутствие сочленения плодоножки у образцов 91-1, 105-1, 107-2 и 124-6 косвенно указывает на возможность использования их в качестве реципиентов при селекции на сокращение количества сборов или машинную уборку.

По результатам ПЦР-анализа стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*) [18,19].

Таблица 1. Характеристика выделенных стерильных образцов томата
Table 1. Characteristics of isolated sterile tomato samples

Образец	Характеристика плодов			Наличие гена устойчивости	Дружность созревания, %	Наличие сочленения
	Вариация по массе, г	Форма	Окраска			
91-1	50-70	округлая	желто-зеленая	Asc	80,1	отсутствует
100-2	50-70	округлая	красная	I-2	80,4	имеется
101-2	90-100	плоско-округлая	красная	Asc, Ph3	78,8	имеется
104-2	90-100	округлая	красная	Ph3	79,6	имеется
105-1	70-80	кубовидная	желтая	Asc		отсутствует
106-1	110-120	плоско-округлая	красная	Asc, Ph3	56,7	имеется
107-2	120-130	округлая	малиновый	Ph3	58,1	отсутствует
124-6	90-100	округлая	красная	I-2	79,1	отсутствует

Среди фертильных линий образцы салатного назначения (137-5 и 140-1) имеют плоды розово-малиновой окраски, сердцевидной и плоскоокруглой формы. Образцы универсального назначения 127-3 и 129-4 - средние плоды (80-100г) сердцевидной формы красной окраски. Образцы 94-5, 99-5, 92-3 и 95-2 характеризуются мелкими плодами округлой формы желтой и красной окраски с плотной мякотью и кожицей, подходящие для цельноплодного консервирования (табл. 2). Линии 94-5, 99-5 и 92-3 имеют признак несочлененной плодоножки.

Среди линий-опылителей по результатам ПЦР-анализа генами устойчивости к фитофторозу обладали образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2

Линии универсального и консервного направления характеризуются дружным созреванием плодов (78,3-82,9%), а линии салатного направления – растянутым (55,6-58,1%). Все выделившиеся линии относятся к растениям детерминантного типа, имеют хорошо облиственный куст, предохраняющий плоды от солнечных ожогов.

Таблица 2. Характеристика выделенных линий-опылителей томата
Table 2. Characteristics of selected tomato pollinator lines

Образец	Характеристика плодов			Наличие гена устойчивости	Дружность созревания, %	Наличие сочленения
	вариация по массе, г	форма	окраска			
127-3	80-90	сердцевидная	красная	I-2, Ph3	78,5	имеется
129-4	90-100	сердцевидная	красная	Ph3	78,3	имеется
94-5	50-70	округлая	желтая	Asc	82,6	отсутствует
99-5	70-90	округлая	красная	I-2	81,4	отсутствует
137-5	100-110	сердцевидная	розовая	I-2, Ph3	55,6	имеется
140-1	100-120	плоско-округлая	малиновая	Ph3	57,0	имеется
92-3	40-50	округлая	желтая	Asc	82,9	отсутствует
95-2	50-70	округлая	красная	Asc	82,5	имеется

Выводы

В результате научных исследований проведен скрининг имеющегося селекционного материала томата в отделе овощеводства. По результатам ДНК-анализа и по комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены генотипы, имеющие различное целевое направление (салатные, универсальные и консервные) и гомозиготное состояние генов *Asc*, *Ph3* и *I-2*, контролирующих высокую толерантность к альтернариозу, фитофторозу и фузариозу. Среди стерильных линий 4 образца (101-2, 104-2, 106-1 и 107-2) обладают генами устойчивости к фитофторозу (*Ph3*), 2 образца (100-2 и 124-6) – к фузариозному увяданию (*I-2*) и 4 образца (91-1, 101-2, 105-1, 106-1) к альтернариозу (*Asc*), среди линий-опылителей генами устойчивости к фитофторозу обладают образцы: 127-3, 129-4, 137-5, 140-1; к фузариозу: 127-3, 99-5, 137-5; к

альтернариозу: 94-5, 92-3 и 95-2. Из всех образцов, имеющие комплекс генов устойчивости 4 образца обладают функциональной мужской стерильностью: 101-2, 106-1 (*Asc*, *Ph3*); 2 образца – линии-опылители: 127-3 и 137-5 (*I-2*, *Ph3*). Выделенные линии различаются по форме, массе и окраске плодов. Линии универсального и консервного направления характеризуются дружным созреванием плодов (78,3-82,9%), а линии салатного направления – растянутым (55,6-58,1%). Все выделившиеся линии относятся к растениям детерминантного типа, имеют хорошо облиственный куст, предохраняющий плоды от солнечных ожогов. Подобраны родительские формы для гибридизации. Будет продолжена работа по оценке перспективного материала с генами устойчивости, в том числе будет дана фенотипическая оценка и оценка комбинационной способности по продуктивности.

• Литература

1. Маковой М. Приоритетные направления в селекции томата и генотипические особенности сортов, предназначенных для выращивания в условиях Молдовы. *Știință, educație, cultură*. 2020;(1):388-395.
2. Нековаль С.Н., Захарченко А.В., Маскаленко О.А., Чурикова А.К. Оценка полевой устойчивости мутантных линий томата к альтернариозу в условиях Краснодарского края. *Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем*. 2022. С. 290-296. <https://www.elibrary.ru/qdlkprq>
3. Еланский С.Н., Кокаева Л.Ю., Стацюк Н.В., Дьяков Ю.Т. Структура и динамика популяций *Phytophthora infestans* – возбудителя фитофтороза картофеля и томата. *Защита картофеля*. 2017;(3):3-44. <https://www.elibrary.ru/yoafxs>
4. Panthee D.R., Randy G.G., Ragy I., Anderson C., Dilip R. Molecular markers associated with Ph-3 gene conferring late blight resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2015;6(13):2144-2150. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.613216>
5. Shekasteband R., Hutton S.F., Scott J.W. Designing new DNA markers and determining the effective size of Ph-2 and Ph-3 introgressions for late blight resistance stacking purposes in tomato. *TGC REPORT*. 2015;(65):24-27. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13240.56320>
6. Jung J., Jung Kim H., Je Min Lee, Sik Oh C., Lee H.-J., Yeam I. Gene-based molecular marker system for multiple disease resistances in tomato against. Tomato yellow leaf curl virus, late blight, and verticillium wilt. *Euphytica*. 2015;(16):601-603. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1442-z>
7. Robbins M.D., Masud M.A., Panthee D.R., Gardner R.G., Francis D.M., Stevens M.R Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. *HortScience*. 2010;45(10):1424-1428. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.10.1424>
8. Маслова М.В., Шамшин И.Н., Грошева Е.В., Ильичев А.С. Молекулярно-генетические основы устойчивости томата к основным грибным болезням. *Овощи России*. 2023;(6):28-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-28-39> <https://www.elibrary.ru/gprasi>
9. Brandwagt B.F., Mesbah L., Laurent P., Takken F.L., Kneppers T.J., Nijkamp H.J. The Interaction of *Alternaria Alternata* F. Sp. *Lycopersici*

- and its AAL-Toxins with Tomato. *Biology*.1998;(13):317-330. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5218-1-36>
10. Антох Л.П., Салтанович Т.И. Тестирование и классификация генотипов томата по устойчивости к альтернариозу по признакам мужского гаметофита. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2017;(S13):267-269. <https://www.elibrary.ru/ypspqb>
 11. Еланский С.Н., Побединская М.А., Плуталов П.Н., Романова С.С., Кокаева Л.Ю., Александрова А.В. Устойчивость российских штаммов возбудителей альтернариоза картофеля и томата к азоксирибину. *Защита картофеля*. 2011;(2):14-19. <https://www.elibrary.ru/veraxl>
 12. Авдеев Ю.И. Генетический анализ растений. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2004. 379 с.
 13. Шевченко Г.Н. Устойчивость сортов томата к местным расам *Fusarium oxysporum*. *Селекция, семеноводство и технологии выращивания овощных, бахчевых, технических и кормовых культур*. 2014;(1):156-160. <https://www.elibrary.ru/sycuuf>
 14. Нгуен Т.Л. Комбинационная способность стерильных индетерминантных и фертильных детерминантных линий томата с групповой устойчивостью к заболеваниям. 2015. <https://www.elibrary.ru/zpunzb>
 15. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 21 февраля 2022 г. С. 163-344.
 16. Козлова И.В. Создание новых стерильных линий томата с ценными хозяйственными признаками в условиях юга России. *Известия ФНЦО*. 2020;(2):43-48. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-43-48> <https://www.elibrary.ru/mtfbtj>
 17. Овод Е.И., Дубина Е.В. ДНК – технологии в селекции томата на устойчивость к фитофторозу. Проблемы селекции - 2022: Тезисы докладов международной научной конференции, Москва, 12–15 октября 2022 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 97. <https://www.elibrary.ru/yqwmgw>
 18. Корж С.О., Овод Е.И., Кушнир А.И., Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Назаров А.Л. Молекулярно-генетическая оценка селекционного материала томата на устойчивость к фитофторозу, фузариозу и вирусу табачной мозаики. *Агрофизика*. 2023;(1):8-14. <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2023.01.02> <https://www.elibrary.ru/vhqshk>
 19. Корж С.О., Дубина Е.В. Поиск молекулярного маркера гена

устойчивости к альтернариозному раку стеблей томата. *Рисоводство*. 2022;4(57):89-94. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-57-4-89-94> <https://www.elibrary.ru/ryeylv>

20. Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Балясный И.В., Гаркуша С.В. ДНК-технологии (молекулярное маркирование) в селекции томата на устойчивость к Tobacco Mosaic Virus. *Овощи России*. 2021;(4):34-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41> <https://www.elibrary.ru/flwlmr>

21. Кондратенко Е.И., Нетипанова Н.В., Ломтева Н.А., Касимова С.К., Скворцова И.А., Кузина Т.В. Цитогенетические и молекулярно-биологические методы анализа растений. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2015. 68 с. ISBN 978-5-9926-0834-2. <https://www.elibrary.ru/ujblzd>

• References

1. Makovei M. Priority directions in tomato breeding and genotypic features of varieties intended for cultivation in Moldova. *Știință, educație, cultură*. 2020;(1):388-395.
2. Nekoval S.N., Zakharchenko A.V., Maskalenko O.A., Churikova A.K. Assessment of the field resistance of mutant tomato lines to *Alternaria* in Krasnodar krai. *Biological protection of plants-the basis for stabilization of agroecosystems*. 2022. Pp. 290-296. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qdlkpq>
3. Elansky S.N., Kokaeva L.Yu., Statsyuk N.V., Dyakov Yu.T. Population structure and dynamics of *Phytophthora infestans*, a causative agent of the late blight of potato and tomato. *Potato protection*. 2017;(3):3-44. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yoafxz>
4. Panthee D.R., Randy G.G., Ragy I., Anderson C., Dilip R. Molecular markers associated with Ph-3 gene conferring late blight resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2015;6(13):2144-2150. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.613216>
5. Shekasteband R., Hutton S.F., Scott J.W. Designing new DNA markers and determining the effective size of *Ph-2* and *Ph-3* introgressions for late blight resistance stacking purposes in tomato. *TGC REPORT*. 2015;(65):24-27. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13240.56320>
6. Jung J., Jung Kim H., Je Min Lee, Sik Oh C., Lee H.-J., Yeam I. Gene-based molecular marker system for multiple disease resistances in tomato against. Tomato yellow leaf curl virus, late blight, and verticillium wilt. *Euphytica*. 2015;(16):601-603. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1442-z>
7. Robbins M.D., Masud M.A., Panthee D.R., Gardner R.G., Francis D.M., Stevens M.R Marker-assisted selection for coupling phase resistance to tomato spotted wilt virus and *Phytophthora infestans* (late blight) in tomato. *HortScience*. 2010;45(10):1424-1428. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.10.1424>
8. Maslova M.V., Shamshin I.N., Grosheva E.V., Ilyichev A.S. Molecular and genetic basis of tomato resistance to major fungal diseases. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(6):28-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-28-39>

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

9. Brandwagt B.F., Mesbah L., Laurent P., Takken F.L., Kneppers T.J., Nijkamp H.J. The Interaction of *Alternaria Alternata* F. Sp. Lycopersici and its AAL-Toxins with Tomato. *Biology*.1998;(13):317-330. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5218-1-36>
10. Antoch L.P., Saltanovich T.I. Testing and classification of tomato genotypes for resistance to alternariasis by signs of male gametophyte. *New and non-traditional plants and prospects for their use*. 2017;(S13):267-269. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ypspqb>
11. Elansky S.N., Pobedinskaya M.A., Plutalov P.N., Romanova S.S., Kokaeva L.Yu., Alexandrova A.V. Resistance of Russian strains of potato and tomato alternariasis pathogens to azoxystrobin. *Potato protection*. 2011;(2):14-19. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vepaxl>
12. Avdeev Yu. I. Genetic analysis of plants. – Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2004. 379 p. (In Russ.)
13. Shevchenko G.N. Resistance tomato varieties to local races of *Fusarium oxysporum*. *Breeding, seed production and technologies for growing vegetable, melon, technical and forage crops*. 2014;(1):156-160. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/sycuuf>
14. Nguyen T.L. The combinational ability of sterile indeterminate and fertile determinant tomato lines with group resistance to diseases. 2015. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/zpunzb>
15. State Catalog of Pesticides and Agrochemicals as of February 21, 2022. pp. 163-344.
16. Kozlova I.V. Development of new sterile tomato lines with valuable economic traits in the south of Russia. *News of FSVS*. 2020;(2):43-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-43-48> <https://www.elibrary.ru/mtfbtj>
17. Ovod E.I., Dubina E.V. DNA technologies in tomato breeding for late blight resistance. Problems of breeding – 2022 : Abstracts of the international scientific conference, Moscow, October 12-15, 2022. Moscow: Russian State Agrarian University - Timiryazev Agricultural Academy, 2022. P. 97. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yqwmgs>
18. Korzh S.O., Ovod E.I., Kushnir A.I., Gorun O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Nazarov A.L. Molecular genetic evaluation of tomato breeding material for resistance to late blight, fusarium and tobacco mosaic virus. *Agrophysica*. 2023;(1):8-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2023.01.02> <https://www.elibrary.ru/vhqshk>
19. Korzh S.O., Dubina E.V. Search for a molecular marker of the gene of resistance to *Alternaria* stem canker tomato. *Rice growing*. 2022;4(57):89-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-57-4-89-94> <https://www.elibrary.ru/ryeylv>
20. Gorun O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Balyasny I.V., Garkusha S.V. DNA technologies (molecular marking) in tomato breeding for resistance to Tobacco Mosaic Virus. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):34-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41> <https://www.elibrary.ru/flwlmr>
21. Kondratenko E. I. et al. Cytogenetic and molecular biological methods of plant analysis. ISBN 978-5-9926-0834-2. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ujblzd>

Об авторах:

Ирина Викторовна Козлова – научный сотрудник отдела овощеводства, <https://orcid.org/0000-0002-4057-6392>, SPIN-код: 2562-5002, автор для переписки, k.irina1967@mail.ru

Елена Александровна Мазыкина – младший научный сотрудник отдела овощеводства, <https://orcid.org/0009-0001-7905-8963>, SPIN-код: 4089-4138, elenamazykina99@mail.ru

About the Authors:

Irina V. Kozlova – Researcher of the Vegetable Growing Department, k.irina1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4057-6392>, SPIN-code: 2562-5002, Corresponding Author, k.irina1967@mail.ru

Elena A. Mazykina – Junior Researcher at the Vegetable Growing Department, <https://orcid.org/0009-0001-7905-8963>, SPIN-code: 4089-4138, elenamazykina99@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-20-29>
УДК: 635.21:631.52(571.13)

М.Е. Мухордова*, А.И. Черемисин,
С.В. Согуляк, М.В. Урман

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский Аграрный Научный Центр»
644012, Россия, г. Омск, Пр-т Королева, 28

*Автор для переписки: mukhordova@anc55.ru

Вклад авторов: Мухордова М. Е.: Описание молекулярной части рукописи, её обсуждение и редактирование. Черемисин А. И.: описание части рукописи с полевыми исследованиями Согуляк С.В.: проведение полевых исследований. Урман М.В.: проведение молекулярно-генетического исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мухордова М.Е., Черемисин А.И., Согуляк С.В., Урман М.В. Комплексный подход к анализу перспективного селекционного материала картофеля в условиях Омской области. *Овощи России*. 2025;(2):20-29.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-20-29>

Поступила в редакцию: 20.11.2024

Принята к печати: 31.01.2025

Опубликована: 15.04.2025

Maria E. Mukhordova*, Aleksandr I. Cheremisin,
Sergei V. Sogulyak, Maksim V. Urman

Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center"
28, Koroleva avenue, Omsk, Russia, 644012

*Correspondence: mukhordova@anc55.ru

Authors' contribution: Mukhordova M.E.: Description of the molecular part of the manuscript, its discussion and editing. Cheremisin A.I.: description of the part of the manuscript with field studies. Sogulyak S.V.: conducting field studies. Urman M.V.: conducting molecular genetic research.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Mukhordova M.E., Cheremisin A.I., Sogulyak S.V., Urman M.V. An integrated approach to the analysis of promising potato breeding material in the conditions of the Omsk region. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):20-29. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-20-29>

Received: 20.11.2024

Accepted for publication: 31.01.2025

Published: 15.04.2025

Комплексный подход к анализу перспективного селекционного материала картофеля в условиях Омской области

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Комплексные методы полевых анализов и ПЦР-диагностики у сортообразцов картофеля позволяют оценить генотипы, подходящие для селекции в зоне Западной Сибири. В работе представлены результаты изучения, которые выполнены в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2021-2023 годах. Цель исследования – провести интегральную оценку с помощью лабораторной и полевой диагностики для выявления сортообразцов картофеля с комплексом хозяйственно-полезных признаков.

Материал и методика. В опытах изучалась коллекция из 23 образцов картофеля. Технология выращивания – принятая для зоны. Предшественник – яровая пшеница. Наблюдения и учётыв проводились в соответствии с «Методические рекомендации ВНИИХ», «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» и «Передовые методы диагностики патогенов картофеля». Статистическая обработка данных проводилась по методике Б.А. Доспехова. Определение содержания крахмала проводили по удельному весу в комбинации с молекулярной диагностикой, включающей маркер гена содержания крахмала, также проводилась полимеразная цепная реакция с помощью SSR маркеров, определяющих устойчивость к вирусам X, Y, S, L и фитофторозу.

Результаты. В результате сочетания подходов были выделены образцы с комплексом признаков, а именно, Хозяюшка – урожайность – 24,3 т/га, комплекс генов устойчивости к вирусам X/L/S, содержание крахмала – 18,6%, отсутствие водянистости, мучнистость и высокий вкус. Вечерний Омск – урожайность – 24,7 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу. Спектр – урожайность – 24,4 т/га, комплекс генов устойчивости к вирусам X/L/S, содержание крахмала – 17,3%. Гибрид 52-17 – урожайность – 23,6 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу, комплекс генов устойчивости к вирусам Y/L/S. Гала – урожайность – 25,3 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу, отсутствие потемнения вареной мякоти.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

картофель, патогены, вирусы, ПЦР-диагностика, устойчивость, товарность, селекция

An integrated approach to the analysis of promising potato breeding material in the conditions of the Omsk region

ABSTRACT

Relevance. Integrated methods of field analysis and PCR diagnostics of potato varieties allow us to evaluate genotypes suitable for breeding in the Western Siberia zone. The paper presents the results of the study carried out at the Omsk Agrarian Scientific Center in 2021-2023. The purpose of the study is to conduct an integrated assessment using laboratory and field diagnostics to identify potato varieties with a set of economically useful traits.

Material and Methods. A collection of 23 potato samples was studied in the experiments. The cultivation technology is adopted for the zone. The predecessor is spring wheat. Observations and records were carried out in accordance with the "Methodological recommendations of the All-Russian Research Institute of Potato Growing", "Guidelines for specialized assessment of potato varieties" and the "Modern methods of pathogen diagnostics.". Statistical data processing was carried out according to the method of B.A. Dospekhov. Determination of starch content was carried out by specific gravity in combination with molecular diagnostics, including a primer for determining the starch content gene, and a polymerase chain reaction was also carried out using SSR markers that determine resistance to viruses X, Y, S, L and late blight.

Results. As a result of the combination of approaches, samples with a complex of features were isolated, namely, Khozayushka – yield – 24.3 t / ha, a complex of genes for resistance to viruses X / L / S, starch content – 18.6%, no wateriness, flouriness and high taste. Vecherniy Omsk – yield – 24.7 t/ha, presence of genes for resistance to late blight. Spectr – yield – 24.4 t/ha, complex of genes for resistance to X/L/S viruses, starch content – 17.3%. Sample 52-17 – yield – 23.6 t/ha, presence of genes for resistance to late blight, complex of genes for resistance to Y/L/S viruses. Gala – yield – 25.3 t/ha, presence of genes for resistance to late blight, no darkening of cooked pulp.

KEYWORDS:

potatoes, pathogens, viruses, PCR diagnostics, stability, marketability, breeding

Введение

Картофель в России – одна из основных продовольственных культур, среднегодовой объем потребления которой составляет 13-14 млн тонн, в переработанном виде – 1 млн. Среднее потребление картофеля на душу населения в Российской Федерации – 112 кг в год [1, 2].

Сорта отечественной селекции составляют основу ресурсов картофелеводства России, а также подход к их использованию в отрасли. Многие отечественные сорта картофеля выгодно отличаются от зарубежных аналогов. В селекционных программах предпринимается попытка приблизить характеристики сорта картофеля к идеалу. Современная модель сорта включает от 40 до 50 различных признаков, но основными являются уровень их адаптивности к условиям выращивания, устойчивости к болезням и показатели, определяющие вкусовые качества клубней. В то же время для каждого региона может быть задана своя модель сорта – в зависимости от почвенно-климатических условий региона [3].

Среди органических веществ клубней картофеля крахмал занимает ведущую роль. Он составляет 70-80% сухой массы клубня, или 95-99% всего количества накапливаемых картофелем углеводов. У ранних, среднеранних и среднеспелых сортов интенсивное накопление крахмала наблюдается через 70-80 дней после посадки, у поздних – через 90-100. Обычно максимум накопления крахмала наступает раньше, чем заканчивается период их вегетации. Содержание крахмала в клубнях повышается с момента их образования до отмирания листьев. В это время достигается максимальное накопление крахмала. Его содержание у сортов с коротким периодом вегетации, которые были оставлены до полного отмирания ботвы, остается на одном уровне или несколько понижается. Это обусловлено притоком в клубни ассимилятов в более разбавленном виде за счет снижения процесса фотосинтеза. У более поздних сортов, не успевающих полностью закончить вегетацию, это явление практически не наблюдается [4].

Однако качество картофеля на продовольственные цели и на переработку остается не вполне удовлетворительным. Среди причин – организационные и финансовые упущения; использование высокоурожайных, но с низкой крахмалистостью сортов; грубые нарушения в использовании органических и минеральных удобрений; недостаточные объемы применения микроэлементов, засухи [5,6].

Помимо создания клубней с улучшенными пищевыми качествами считается, что к накапливает их в клубнях, передавая в последующие поколения, что может вызвать снижение урожайности на 80% в зависимости от штамма, условий возделывания и сортовых особенностей. Наиболее пагубный эффект оказывает Y вирус картофеля (PVY), так как по вредоносности и распространению поражения, может привести к полному вырождению растений, особенно в комплексе с X (PVX), M (PVM), L (PLRV) и S (PVS) вирусами. Встречаемость носителей генов Y с приоритетным направлениям селекции относится создание высокоустойчивых сортов к заболеваниям. Картофель поражают около 40 видов вирусов, относящихся к 13 семействам [7]. Опасность

вирусных патогенов в том, что картофель – вегетативно размножаемая культура, и не устойчивость к этим вирусам невелика, что свидетельствует о высокой ценности селекционного материала, несущего эти гены [8].

Не менее важным, помимо поиска вышеупомянутых генов к вирусам, является идентификация генов устойчивости к фитофторозу, возбудителем которого является *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, т.к. из всех патогенов он имеет наиболее широкое распространение на территории России и в годы, когда развитие фитофтороза носило эпифитотийный характер потери урожая достигали 60% [9].

ПЦР-маркирование позволяет отобрать более подходящие генотипы для селекции в зоне Западной Сибири. Таким образом, выявление генов устойчивости к патогенам позволяет упростить отбор ценных образцов и значительно увеличить выборку исследуемого материала при отборе генотипов с комплексом олигогенов, что существенно сокращает время создания новых сортов картофеля [10, 11].

Цель работы – определить наличие генов содержания крахмала, генов ответственных за устойчивость к фитопатогенам (вирусам X, Y, S, L; фитофторозу) в сортообразцах картофеля методом ПЦР-анализа; выделить перспективный материал для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Материалы и методы

Материалом для исследования служили 23 сортообразца картофеля, представленных в таблице 1.

Методика изучения сортообразцов картофеля в полевых условиях

Полевые испытания проводили на опытном участке ФГБНУ «Омский АНЦ». Предшественник – яровая пшеница. Технология выращивания картофеля – принятая для зоны: Зяблевая вспашка, ранневесеннее боронование и предпосадочная обработка фрезерным культиватором. Посадку производили 4-х рядной клоновой сажалкой, площадь питания растений 75 x 28 см во всех питомниках кроме первого клубневого поколения, где для проведения индивидуального отбора клонов применялась схема посадки 75 x 102 см с посадкой маркерного растения обладающего интенсивной антоциановой окраской ботвы, кожуры и мякоти клубней. После посадки проведено гребнеобразование. Для борьбы с сорняками использовалась трехкратная обработка гербицидами: «Хилер», 1 л/га, «Лазурит» 0,8 кг/га, «Кассиус» 0,05 л/га. Против колорадского жука было проведено двухкратная обработка инсектицидами «Кинфос» 0,15 л/га, «Децис Профи» 0,12 кг/га. Для профилактики грибных болезней применялись фунгициды «Ширлан» 1 л/га, «Консенто» 1 л/га. За 10 дней до скашивания ботвы применена обработка препаратом «Реглон» в дозе 2 л/га. Уборка питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ) проводилась механизировано двухрядной копалкой, все остальные питомники – однорядным копателем, с последующим ручным подбором.

Опыты проводили на лугово-черноземной среднеспелой среднегумусной тяжелосуглинистой почве на участке в условиях орошения, реакция среды нейтральная, содержание гумуса 6,0-6,5% (по Тюрину), обеспеченность подвижным фосфором – средняя (менее 200

Таблица 1. Исходный материал
Table 1. Source material

№ п/п	Место происхождения	Сорт/Сортообразец	Родословная
1	Россия, Омск	Кумир	Санте х Роко
2	Россия, Омск	Спектр	Лакроид х Билдстар
3	Россия, Омск	Алена	(Седов х Камераз) х Зарево
4	Россия, Омск	Былина Сибири	Невский х Зарево
5	Россия, Омск	Хозяюшка	Санте х Зарево
6	Россия, Омск	Лазарь	Ласунак х Зарево
7	Россия, Омск	Вечерний Омск	Невский х Гранат
8	Россия, Омск	Держава	Розара х Любава
9	Россия, Омск	Гибрид 49-18	-
10	Россия, Омск	Гибрид 86-18	-
11	Россия, Омск	Гибрид 58-16	-
12	Россия, Омск	Гибрид 56-16	-
13	Россия, Омск	Гибрид 52-17	-
14	Россия, Омск	Гибрид 63-14	-
15	Россия, Омск; Казахстан	Алая заря	Адретта х Зарево
16	Россия, Омск; Москва	Триумф	Невский х Гранат
17	Россия, Москва	Жуковский Ранний	Ягодка х Гидра
18	Россия, Томск	Идеал	Нарымский ранний х Петровский
19	Россия, Томск	Антонина	Эльвира х Зарево
20	Великобритания	Розара (Rosara)	SECURA х ESH 2605/77
21	Нидерланды	Ред Скарлетт (Red Scarlett)	ZPC 80-239 х IMPALA
22	Германия	Гала (Gala)	2.6 720-86 х LEYLA
23	Германия	Адретта (Adretta)	LU. 59.884/3 х AXILIA

мг/кг), обменным калием – высокая (150-200 мг/кг) по Чирикову. Дата посадки – 17-22 мая. Перед посадкой картофеля содержание нитратного азота в слое почвы 0-20 см по Грандваль-Ляжу составляло 30 мг/кг, подвижного фосфора – 147 мг/кг. Перед фрезерованием вносилась аммиачная селитра – 120 кг/га в физическом весе.

Все наблюдения и учёты проводились в соответствии с «Методические рекомендации ВНИИКС», «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» и «Передовые методы диагностики патогенов картофеля». Статистическая обработка данных проводилась по методике Доспехова.

Определение содержания крахмала проводили по удельному весу. Удельный вес клубней зависит от содержания сухого вещества и крахмала в клубнях. Чем больше удельный вес, тем выше содержание сухих веществ. Суммарное содержание крахмала и сахара называют крахмальным числом. Количество крахмала в клубнях определяется вычитанием из крахмального числа сахаров.

Метеорологические условия вегетационного периода 2021-2023 годов

Данные ГТК показали, что вегетационный период (май-август) 2021 года характеризовался сильной засухой (ГТК – 0,55). Минимальное значение ГТК отмечено в мае – 0,25, максимальное в июне – 0,74. В условиях Омска оптимальный ГТК, рассчитанный по Селянинову, составляет 1,13. Весной преобладала жаркая и сухая погода с недобором осадков, составляющих 33-78% от нормы. В июне преобладала прохладная погода с недобором осадков. Среднемесячная температура воздуха 16,9°C – на 1,1°C ниже нормы (18,0°C). Июль так же характеризовался теплой погодой с существенным дефицитом осадков, их выпало 32,8 мм (50,5% от нормы (65,0 мм)). В августе отмечена теплая погода и недостаток осадков. Осадков выпало 42,4 мм (75,7% от нормы (56,0 мм)).

Вегетационный период (май-август) 2022 года отличался умеренно влажной погодой (ГТК – 1,02). Май отмечен, как жаркий и сухой. В июне преобладала отно-

¹ Методические положения по проведению оценки сортов картофеля на испытательных (тестовых) участках // М.: ВНИИКС, 2013. 15с.

² Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. Минск, 2003. 70 с.

³ Передовые методы диагностики патогенов картофеля: науч. анализ. обзор. М.: ФГБУ «Росинформагротех», 2019. 92 с.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

⁵ Методика исследований по культуре картофеля, М.: 1967. с.70-72.

сительно теплая погода с недобором осадков в первой и второй декадах. Июль характеризовался теплой погодой с обильным выпадением осадков в третьей декаде. Среднемесячная температура воздуха составила 20,5°C – на 1,0°C выше нормы (19,7°C). В августе была теплая погода с недобором осадков. Среднемесячная температура воздуха равнялась 17,5°C, что на 1,4°C превысила среднемноголетнюю (16,1°C). Осадков выпало 2,4 мм (4,4% от нормы (54,0 мм)).

Температура воздуха весной 2023 года была со значительными перепадами в ночной и дневной периоды (от -7,3° до 28,9°C). Июль был в среднем теплее на 3,2°C (норма 18,0°C). Влажность воздуха в эти дни опускалась до 18%, отмечены суховейные явления. Осадки оказались на уровне многолетних значений (65,0 мм). Таким образом, агрометеорологические условия для роста, развития и формирования урожая картофеля были неблагоприятными (ГТК=0,78). Величина раннего урожая для южной лесостепной зоны Омской области во многом определяется степенью увлажнения в конце июня-начале июля. В 2023 году в период формирования клубней в первой декаде июля сложились крайне неблагоприятные метеоусловия: наблюдалась сильная засуха в сочетании с высокой температурой воздуха.

Методика изучения генотипов

картофеля с использованием ДНК-маркеров

Эксперименты проводили на пробирочных растениях (возраст – 40 дней). Экстрагировали ДНК с помощью готового набора реактивов «ФитоСорб» («Синтол», Россия). Пробоподготовка образцов осуществлялась при помощи гомогенизатора TissueLyser LT. Полимеразная цепная реакция проводилась с использованием набора БиоМастер HS-Taq ПЦР-Color (2x) «Биолабмикс» и праймеров к SSR-маркеру гена Rx (вирусу X): PVX [12]; к маркерам генов *Ryadg*, *Rychc*, *Rysto* (вирусу Y): RYSC3 [13], *Ry-186* [12] и YES3-3A [14]; к маркерам генов *NS* и *NL* (вирусу S и L): SCG17 и NL127 [15,16]; к маркеру гена *Rpi-blb1* (фитофторозу): *blb1* [17], к маркеру гена *Stp23* (содержание крахмала): *Stp23-8b* [18, 19]. ПЦР проводили в амплификаторе «CFX96TM» (Bio-Rad, США).

Амплифицированные фрагменты ДНК фракционировались методом горизонтального электрофореза в 1,5% агарозном геле в трис-боратном (1×TBE) буфере.

Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены результаты диагностики генов устойчивости к вирусным заболеваниям и полевая устойчивость к ним (PVX, PVY, PVM, PLRV, PVS, PVA).

Таблица 2. Устойчивость сортообразцов картофеля к вирусным заболеваниям
Table 2. Resistance of potato varieties to viral diseases

№ п/п Сорт/ Сортообразец		Наличие гена устойчивости к вирусам						Полевая устойчивость к вирусам, балл
		<i>Rx</i>	<i>Rychc</i>	<i>Rysto</i>	<i>Ryadg</i>	<i>NL</i>	<i>NS</i>	
		1230 п.н.	587 п.н.	341 п.н.	321 п.н.	1164 п.н.	321 п.н.	
1	Кумир	+	-	-	-	-	-	7
2	Спектр	+	-	-	-	+	+	8
3	Алена	-	-	-	-	-	-	6
4	Былина Сибири	-	-	-	-	-	-	7
5	Хозяюшка	+	-	-	-	+	+	8
6	Лазарь	-	-	-	-	-	-	8
7	Вечерний Омск	-	-	-	-	+	+	8
8	Держава	-	+	-	-	+	+	8
9	Гибрид 49-18	-	-	-	-	-	-	6
10	Гибрид 86-18	-	-	-	-	+	-	8
11	Гибрид 58-16	-	-	-	-	+	+	7
12	Гибрид 56-16	-	-	-	-	+	-	7
13	Гибрид 52-17	-	-	+	-	+	+	8
14	Гибрид 63-14	+	-	-	-	-	-	7
15	Алая заря	-	-	-	-	-	-	6
16	Триумф	-	-	-	-	+	+	8
17	Жуковский Ранний	+	-	-	-	+	+	8
18	Идеал	-	-	-	-	-	-	6
19	Антонина	-	-	-	-	-	-	7
20	Розара	-	-	-	-	-	-	7
21	Ред Скарлетт	-	-	-	-	-	-	6
22	Гала	-	-	-	-	+	+	8
23	Адретта	-	-	-	-	-	-	6

Примечание: 9 баллов – максимальная устойчивость

Гены экстремальной устойчивости (ER), а именно Rx, Rychc, Rysto, Ryadg встречались в исследуемом наборе сортов довольно редко. Из общего пула сортов 5 штук несли в своем генотипе ген устойчивости к вирусу X и всего 2 сортообразца (Гибрид 52-17, Держава) – ген устойчивости к вирусу Y. Комплекс генов устойчивости к вирусам X/Y отсутствовал, что подтверждает необходимость создания селекционного материала с использованием процесса пирамидирования генов. Образцы, в которых наблюдался хотя бы один ген (ER) имели балл устойчивости не ниже 7.

Гены «Marczewski» [15, 16], а именно NL127 и SCG17, присутствовали в значительном количестве образцов (табл. 2). Наличие генов устойчивости в образцах указывало на высокую полевую устойчивость (8 баллов). В целом, такую устойчивость имели 10 сортообразцов. Самую низкую оценку показали 6 сортообразцов (6 баллов), в которых не определены гены устойчивости.

Комплекс генов устойчивости к вирусам X/L/S выявлен у сортов Спектр, Хозяюшка и Жуковский Ранний, а к вирусам Y/L/S – Гибрид 52-17 и Держава.

На основании полевой оценки посадок картофеля в 2022 году определена степень поражения ботвы фитофторозом и выявлены устойчивые сорта с полным отсутствием пятен на листьях (9 баллов). В другие годы не отмечалось визуального проявления признаков фитофтороза как на растениях, так и на клубнях. ПЦР-маркирование позволило отобрать генотипы по наличию генов устойчивости к фитофторозу (табл. 3), такими оказались два сортообразца Омской селекции: Вечерний Омск и Гибрид 52-17, а также сорт Гала иностранной селекции (Германия). Степень поражения фитофторозом у этих сортов была самая наименьшая. Остальные опытные сортообразцы, по-видимому, имеют другие гены устойчивости к этому заболеванию и требуют дальнейшей проработки.

Таблица 3. Устойчивость сортообразцов картофеля к фитофторозу
Table 3. Resistance of potato varieties to late blight

№ п/п	Сорт/ Сортообразец	Наличие гена устойчивости к фитофторозу <i>Rpi-blb1</i>	Степень поражения фитофторозом, балл
1	Кумир	-	8
2	Спектр	-	8
3	Алена	-	6
4	Былина Сибири	-	8
5	Хозяюшка	-	7
6	Лазарь	-	7
7	Вечерний Омск	+	9
8	Держава	-	6
9	Гибрид 49-18	-	7
10	Гибрид 86-18	-	7
11	Гибрид 58-16	-	7
12	Гибрид 56-16	-	6
13	Гибрид 52-17	+	9
14	Гибрид 63-14	-	7
15	Алая заря	-	6
16	Триумф	-	8
17	Жуковский Ранний	-	7
18	Идеал	-	6
19	Антонина	-	6
20	Розара	-	6
21	Ред Скарлетт	-	7
22	Гала	+	8
23	Адретта	-	5

Примечание: 9 баллов – симптомы поражения отсутствуют; 1 балл – все листья и стебли полностью поражены

Таблица 4. Содержание крахмала в сортообразцах картофеля, %
Table 4. Starch content in potato varieties, %

№ п/п	Сорт/ Сортообразец	Наличие гена содержания крахмала <i>Stp23-8b</i>	Содержание крахмала, %
		348 п.н.	
1	Кумир	-	14,8
2	Спектр	+	17,3
3	Алена	+	17,8
4	Былина Сибири	+	18,5
5	Хозяюшка	+	18,6
6	Лазарь	+	20,2
7	Вечерний Омск	-	17,0
8	Держава	-	16,1
9	Гибрид 49-18	+	15,5
10	Гибрид 86-18	-	14,6
11	Гибрид 58-16	+	14,9
12	Гибрид 56-16	-	14,6
13	Гибрид 52-17	-	14,8
14	Гибрид 63-14	-	15,2
15	Алая заря	-	16,2
16	Триумф	+	15,5
17	Жуковский Ранний	-	13,2
18	Идеал	-	17,6
19	Антонина	+	19,4
20	Розара	-	12,6
21	Ред Скарлетт	-	15,6
22	Гала	+	14,2
23	Адретта	-	18,0

Нами было проведено типирование сортообразцов картофеля и последующий анализ взаимосвязи с лабораторной оценкой содержания крахмала (таблица 4). Наличие ДНК-маркеров, установленное по экспериментальным данным, приведено в таблице 4.

По содержанию крахмала выделилась группа сортов Лазарь, Антонина, Хозяюшка, Былина Сибири, Спектр, обладающая геном содержания крахмала *Stp23-8* (аллель *b*). Наблюдаемые эффекты не полностью согласовывались

с полевой оценкой. Полученные результаты подтверждают тот факт, что наиболее эффективным будет отбор генотипов, в геноме которых идентифицировано сразу несколько маркеров, характеризующихся положительной ассоциацией с признаком. Аналогичная ситуация наблюдалась в исследовании Белорусских ученых [20].

В тестируемом наборе сортообразцов имелся такой сорт как Адретта, в котором не был идентифицирован ген крахмалистости с помощью маркера *Stp23-8*, но отличающийся

Таблица 5. Дегустационная оценка столовых качеств вареного картофеля, балл
Table 5. Tasting assessment of the table qualities of boiled potatoes, score

№ п/п	Сорт / Сортообразец	Плотность	Водянистость	Мучнистость	Вкус	Потемнение вареной мякоти
1	Кумир	7,2	6,6	6,4	7,0	7,1
2	Спектр	5,7	6,8	7,5	6,3	5,6
3	Алена	7,3	7,0	7,7	6,8	5,5
4	Былина Сибири	6,0	6,2	6,6	6,2	6,2
5	Хозяюшка	6,3	7,5	8,0	7,7	6,2
6	Лазарь	6,8	7,6	8,5	6,3	5,5
7	Вечерний Омск	5,5	5,8	5,8	5,5	5,2
8	Держава	7,0	5,8	6,0	5,7	6,5
9	Гибрид 49-18	5,5	6,7	6,7	5,3	5,3
10	Гибрид 86-18	5,8	6,0	6,2	5,0	7,0
11	Гибрид 58-16	6,5	5,0	6,3	5,3	7,0
12	Гибрид 56-16	5,2	4,5	4,7	5,0	7,5
13	Гибрид 52-17	6,8	5,0	5,2	6,6	6,5
14	Гибрид 63-14	6,6	5,5	5,5	5,8	5,5
15	Алая Заря	5,8	6,3	6,5	6,8	6,5
16	Триумф	7,2	6,0	6,2	6,6	8,0
17	Жуковский ранний	5,6	4,5	4,5	3,8	5,5
18	Идеал	6,8	7,1	6,3	7,8	7,4
19	Антонина	6,5	6,8	6,6	6,8	6,6
20	Розара	6,8	5,6	5,2	5,2	5,0
21	Ред Скарлет	6,0	5,6	5,5	5,3	5,0
22	Гала	6,3	5,8	5,6	5,8	6,9
23	Адретта	5,8	5,9	6,0	8,2	6,0

высоким содержанием крахмала. В данном случае используемый маркер показал низкую эффективность отбора в качестве диагностического признака, что, возможно, объясняется мультигенным наследованием признака крахмалистости клубней, структурой популяции и окружающей средой. Наши эксперименты согласуются с исследованиями турецких ученых [21]. Как предположили Li et al. (2013) [18], оптимальный маркер и его комбинация, к сожалению, могут варьироваться в зависимости от популяции и окружающей среды. Таким образом, результаты исследований требуют дальнейшего тщательного изучения связей между маркерами и признаками.

В таблице 5 представлены данные, по дегустационной оценке, качеств вареного картофеля по сортам коллекции. Показатели водянистости и мучнистости тесно связаны с содержанием крахмала в клубнях. На основании экспертного анализа высокие оценки по вкусу, сопоставимые с немецким сортом Адретта, получены по сортам Сибирской селек-

ции: Идеал, Хозяюшка, Кумир. Достаточно высокими вкусовыми качествами обладают сорта Антонина и Алена. По показателям, определяющим качество и назначение столового картофеля - водянистости и мучнистости, выделялись сорта Сибирской селекции: Хозяюшка, Лазарь, Антонина, Алена и выделяющийся особо по вкусу немецкий сорт Адретта. Слабо темнеющая мякоть вареного картофеля отмечалась у сортов Триумф, Гала, Идеал, Кумир.

Оценивая средние показатели урожайности сортообразцов за годы исследований 2021-2023 (табл. 6), установлено, что в основном она определялась увлажненностью почвы в критические фазы развития растений, а также степенью устойчивости сортов к стрессовым факторам среды. Общий валовой учет урожая проводился со всей делянки в первой декаде сентября.

Более высокий уровень урожайности получен в 2021 году. Годы отличались засушливыми условиями и острым дефицитом влаги в период клубнеобразования, вследствие

Таблица 6. Урожайность сортообразцов картофеля, т/га
Table 6. Yield of potato varieties, t/ha

Сорт/ Сортообразец		Урожайность, т/га			
		2021 год	2022 год	2023 год	Среднее
1	Кумир	32,4	21,6	25,9	26,6
2	Спектр	30,0	21,3	22,0	24,4
3	Алена	27,0	18,2	21,6	22,3
4	Былина Сибири	29,0	18,8	22,6	23,5
5	Хозяюшка	30,2	20,0	22,8	24,3
6	Лазарь	30,3	14,5	21,5	22,1
7	Вечерний Омск	28,6	22,6	23,0	24,7
8	Держава	25,3	20,7	20,1	22,0
9	Гибрид 49-18	22,7	18,2	23,0	21,3
10	Гибрид 86-18	24,5	17,8	21,0	21,1
11	Гибрид 58-16	25,5	17,9	20,0	21,1
12	Гибрид 56-16	28,8	21,6	23,3	24,6
13	Гибрид 52-17	28,3	20,6	22,0	23,6
14	Гибрид 63-14	23,6	18,5	22,5	21,5
15	Алая заря	27,5	20,2	22,8	23,5
16	Триумф	32,0	20,3	24,9	25,7
17	Жуковский ранний	32,5	23,3	21,5	25,8
18	Идеал	26,3	18,7	19,0	21,3
19	Антонина	27,0	17,9	22,5	22,5
20	Розара	28,5	17,6	23,0	23,0
21	Ред Скарлетт	28,0	22,2	24,3	24,8
22	Гала	31,2	21,0	23,6	25,3
23	Адретта	25,9	20,7	21,8	22,8
	Х сред.	28,0	19,7	22,4	
	НСР05		2,8		

чего уровень урожайности заметно снизился по всем сортам. Конечный учет урожая позволил выявить сорта, обладающие устойчивостью к возделыванию в стрессовых условиях при остром дефиците увлажнения в 2023 году.

В результате проведенного анализа, сопоставив ПЦР диагностику и полевые методики, в исследуемой коллекции сортообразцов картофеля были охарактеризованы по комплексу признаков. Установлено, что из выделившихся по урожайности сортообразцов, были выявлены устойчивые к вирусам, фитофторозу с высоким содержанием крахмала и вкусовыми качествами.

Закключение

Таким образом, в среднем за три года исследования кол-лекционных сортообразцов картофеля с помощью сочетания полевых методик и ПЦР диагностики удалось установить, что комплексом хозяйственно-полезных признаков обладают сортообразцы:

1. Хозяюшка – урожайность – 24,3 т/га, комплекс генов устойчивости к вирусам X/L/S, содержание крахмала – 18,6%, отсутствие водянистости, мучнистость и высокий вкус.

2. Вечерний Омск – урожайность – 24,7 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу.

3. Спектр - урожайность – 24,4 т/га, комплекс генов устойчивости к вирусам X/L/S, содержание крахмала – 17,3%.

4. Гибрид 52-17 – урожайность – 23,6 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу, комплекс генов устойчивости к вирусам Y/L/S.

5. Гала – урожайность – 25,3 т/га, наличие генов устойчивости к фитофторозу, отсутствие потемнения вареной мякоти.

Из выделившихся образцов, только один имеет иностранное происхождение, остальные являются результатом Омской селекции (Россия). Полученные результаты можно использовать в дальнейших исследованиях и при отборе перспективных форм в селекционном процессе.

• Литература

1. Анисимов Б.В. Мировое производство картофеля: тенденции рынка, прогнозы и перспективы (аналитический обзор). *Картофель и овощи*. 2021;(10):3-8. <https://doi.org/DOI 10.25630/PAV.2021.45.71.008> <https://www.elibrary.ru/oqkwfb>
2. Терновых К.С., Попов Д.Ю. Современные тенденции в развитии картофелеводства. *Московский экономический журнал*. 2020;(12):39. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10871> <https://www.elibrary.ru/mhzczo>
3. Сердеров В.К., Ханбабаев Т.Г., Сердерова Д.В. Изменение содержания сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля в зависимости от условий возделывания. *Овощи России*. 2019;2(46):80-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-80-83> <https://www.elibrary.ru/zivwrv>
4. Поддубная О.В., Поддубный О.А. Сравнительный анализ содержания крахмала в клубнях картофеля. *Эпоха науки*. 2020;(24):72-76. <https://doi.org/10.24411/2409-3203-2020-12414> <https://www.elibrary.ru/oktztz>
5. Коршунов А.В., Филиппова Г.И., Гаитова Н.А., Митюшкин А.В., Кутовенко Л.Н. Управление содержанием крахмала в картофеле. *Аграрный вестник Урала*. 2011;2(81):47-50. <https://www.elibrary.ru/pasytn>
6. Красников. С.Н., Черемисин А.И., Согуляк С.В., Красникова О.В., Пантеева К.О. Оценка продуктивности и качества новых перспективных сортов картофеля для условий Западной Сибири. *Картофель и овощи*. 2023;(7):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.80.58.005> <https://www.elibrary.ru/rddeds>
7. Сайнакова А.Б., Романова М.С., Красников С.Н., Литвинчук О.В., Алексеев Я.И., Никулин А.В., Терентьева Е.В. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(1):18-24. <https://doi.org/10.18699/VJ18.326> <https://www.elibrary.ru/ypntpr>
8. Бирюкова В.А., Шмыгля И.В., Жарова В.А., Бекетова М.П., Рогозина Е., Митюшкин А.В., Мелешин А.А. Молекулярные маркеры генов экстремальной устойчивости к Y вирусу картофеля в сортах и гибридах *Solanum tuberosum* L. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019;(5):17-22. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019517-22> <https://www.elibrary.ru/qwjzno>
9. Козлова В.В., Пахомова Н.Г. Защита картофеля от фитофтороза. *Владимирский земледелец*. 2010;(3):26а. <https://www.elibrary.ru/ncsimb>
10. Мухордова М.Е., Черемисин А.И., Урман М.В. Комплексная оценка перспективного селекционного материала картофеля в условиях Омской области. *Кормопроизводство*. 2023;(3):12-17. <https://www.elibrary.ru/taiolp>
11. Урман М.В., Мухордова М.Е. Оценка перспективных сортообразцов картофеля на устойчивость к патогенам. Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии XXIII: Материалы 23-ей Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 14–16 ноября 2023 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии». 2023. С. 47-49. <https://doi.org/10.48397/ARRIAB.2023.23.XXIII.022>
12. Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Nakao T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica*. 2011;(180):347-355. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0381-6>
13. Kasai K., Morikawa Y., Sorri V. A., Valkonen J. P., Gebhardt C., Watanabe K. N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome*. 2000;43(1):1-8. <https://doi.org/10.1139/g99-092>
14. Song Y. S., Hepting L., Schweizer G., Hartl L., Wenzel G., Schwarzfischer A. Mapping of extreme resistance to PVY (Rysto) on chromosome XII using anther-culture-derived primary dihaploid potato lines. *Theoretical and applied genetics*. 2005;(111):879-887. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0010-7>
15. Marczewski W., Hennig J., Gebhardt C. The Potato virus S resistance gene Ns maps to potato chromosome VIII. *Theoretical and Applied Genetics*. 2002;105(4):564–567. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0976-3>
16. Marczewski W., Flis B., Syller J., Schäfer-Pregl R., & Gebhardt, C. A Major Quantitative Trait Locus for Resistance to Potato leafroll virus Is Located in a Resistance Hotspot on Potato Chromosome XI and Is Tightly Linked to N-Gene-Like Markers. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2001;14(12):1420–1425. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2001.14.12.1420>
17. Wang M., Allefs S., van den Berg R. G., Vleeshouwers V. G., van der Vossen E. A. G., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of Rpi-blb1 are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008;116(7):933–943. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0725-3>
18. Li L., Tacke E., Hofferbert H.-R., Lubeck J., Strahwald J., Draffehn Astrid M., Walkemeier B., Gebhardt Ch. Validation of candidate gene markers for marker-assisted selection of potato cultivars with improved tuber quality. *Theoretical and Applied Genetics*. 2013;126(4):1039–1052. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-2035-z>
19. Кондратьев А.В., Козлова Л.Н., Козлов В.А., Кильчевский А.В. Оценка эффективности ДНК-маркеров в селекции по биохимическим признакам качества клубней картофеля. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2016;60 (2):85-89. <https://www.elibrary.ru/turjet>
20. Урбанович О.Ю., Кузмицкая П.В., Картель Н.А. Генетические основы селекции растений. Том 4. Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2014. 654 с. ISBN 978-985-08-1791-4. <https://www.elibrary.ru/ugolkn>
21. Yavuz C., Demirel U., Çalışkan M.E. Assessment of the usability of four molecular markers to identify potato genotypes suitable for processing. *Biotech Studies*. 2024;33(2):74-81. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.1483793>

• References

1. Anisimov B.V. World potato production: market trends, forecasts and prospects (analytical review). *Potatoes and vegetables*. 2021;(10):3-8. <https://doi.org/DOI 10.25630/PAV.2021.45.71.008> <https://www.elibrary.ru/oqkwfb> (In Russ.)
2. Ternov K.S., Popov D.Y. Modern trends in the development of

- potato farming. *Moscow Economic Journal*. 2020;(12):39. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10871> <https://www.elibrary.ru/mhzczo> (In Russ.)
3. Serderov V.K., Khanbabaev T.G., Serderova D.V. Changes in the dry matter and starch content in lettuce tubers depending on cultivation conditions. *Vegetables of Russia*. 2019;2(46):80-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-80-83> <https://www.elibrary.ru/zivwrn> (In Russ.)
4. Poddubnaya O.V., Poddubny O.A. Comparative analysis of the starch content in lettuce tubers. *Epoch of Science*. 2020;(24):72-76. <https://doi.org/10.24411/2409-3203-2020-12414> <https://www.elibrary.ru/oktlix> (In Russ.)
5. Korshunov A.V., Filippova G.I., Gaitova N.A., Mityushkin A.V., Kutovenko L.N. Management of starch addition in potatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011;2(81):47-50. <https://www.elibrary.ru/pasytn> (In Russ.)
6. Krasnikov S.N., Cheremisin A.I., Sogulyak S.V., Krasnikova O.V., Panteeva K.O. Assessment of productivity and quality of new promising conditions for the economic conditions of Siberia. *Potatoes and vegetables*. 2023;(7):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.80.58.005> <https://www.elibrary.ru/rdedbs> (In Russ.)
7. Sainakova A. B., Romanova M. S., Krasnikov S. N., Litvinchuk O. V., Alekseev Ya. I., Nikulin A. V., Terentyeva E. V. Study of collection samples of properties of the presence of resistance to phytopathogens on genetic markers. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(1):18-24. <https://doi.org/10.18699/VJ18.326> <https://www.elibrary.ru/ypntpr> (In Russ.)
8. Biryukova V. A., Shmyglya I. V., Zharova V. A., Beketova M. P., Rogozina E., Mityushkin A. V., Meleshin A. A. Molecular markers of genes of extreme resistance to virus Y in *Solanum tuberosum* L. varieties and hybrids. *Russian Agricultural Science*. 2019;(5):17-22. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019517-22> <https://www.elibrary.ru/qwjzno> (In Russ.)
9. Kozlova, V. V., Pakhomova N. G. Plant protection from late blight. *Vladimir farmer*. 2010;(3):26a. <https://www.elibrary.ru/ncsimb> (In Russ.)
10. Mukhordova M.E., Cheremisin A.I., Urman M.V. Comprehensive assessment of promising choice of materials in the conditions of the Omsk region. *Forage production*. 2023;(3):12-17. <https://www.elibrary.ru/taiolp> (In Russ.)
11. Urman M.V., Mukhordova M.E. Evaluation of promising sample varieties for resistance to pathogens. Biotechnology in crop production, animal husbandry and agricultural microbiology XXIII: Proceedings of the 23rd All-Russian youth scientific conference, Moscow, November 14-16, 2023. - Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology". 2023. P. 47-49. <https://doi.org/10.48397/ARRIAB.2023.23.XXIII.022> <https://www.elibrary.ru/ogbnuv>
12. Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Nakao T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica*. 2011;(180):347-355. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0381-6>
13. Kasai K., Morikawa Y., Sorri V. A., Valkonen J. P., Gebhardt C., Watanabe K. N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome*. 2000;43(1):1-8. <https://doi.org/10.1139/g99-092>
14. Song Y. S., Hepting L., Schweizer G., Hartl L., Wenzel G., Schwarzfischer A. Mapping of extreme resistance to PVY (Rysto) on chromosome XII using anther-culture-derived primary dihaploid potato lines. *Theoretical and applied genetics*. 2005;(111):879-887. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0010-7>
15. Marczewski W., Hennig J., Gebhardt C. The Potato virus S resistance gene Ns maps to potato chromosome VIII. *Theoretical and Applied Genetics*. 2002;105(4):564-567. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0976-3>
16. Marczewski W., Flis B., Syller J., Schäfer-Pregl R., & Gebhardt, C. A Major Quantitative Trait Locus for Resistance to Potato leafroll virus Is Located in a Resistance Hotspot on Potato Chromosome XI and Is Tightly Linked to N-Gene-Like Markers. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2001;14(12):1420-1425. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2001.14.12.1420>
17. Wang M., Allefs S., van den Berg R. G., Vleeshouwers V. G., van der Vossen E. A. G., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of Rpi-blb1 are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008;116(7):933-943. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0725-3>
18. Li L., Tacke E., Hofferbert H.-R., Lubeck J., Strahwald J., Draffehn Astrid M., Walkemeier B., Gebhardt Ch. Validation of candidate gene markers for marker-assisted selection of potato cultivars with improved tuber quality. *Theoretical and Applied Genetics*. 2013;126(4):1039-1052. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-2035-z>
19. Kondratyuk A. V., Kozlova L. N., Kozlov V. A., Kilchevsky A. V. Evaluation of the efficiency of DNA markers in breeding for biochemical traits of potato tuber quality. *Reports of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2016;60 (2):85-89. <https://www.elibrary.ru/turjet> (In Russ.)
20. Urbanovich O. Yu., Kuzmitskaya P. V., Kartel N. A. Genetic bases of plant breeding. Volume 4. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Publishing House" Belarusian Science ", 2014. 654 p. ISBN 978-985-08-1791-4. <https://www.elibrary.ru/ugolkn> (In Russ.)
21. Yavuz, C., Demirel, U., Çalışkan, M. E. Assessment of the usability of four molecular markers to identify potato genotypes suitable for processing. *Biotech Studies*. 2024;33(2):74-81.

Об авторах:

Мария Евгеньевна Мухордова – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. молекулярно-генетических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-5788-2409>, SPIN-код: 8811-7558, автор для переписки, mukhordova@anc55.ru

Александр Иванович Черемисин – кандидат с.-х. наук, зав. отделом картофеля, SPIN-код: 5763-9005

Сергей Владимирович Согуляк – кандидат с.-х. наук, вед. научный сотрудник отдела картофеля, SPIN-код: 2608-1940

Максим Владимирович Урман – младший научный сотрудник лаб. молекулярно-генетических исследований, SPIN-код: 1484-4291

About the Authors:

Maria E. Mukhordova – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of Molecular Genetic Research, <https://orcid.org/0000-0002-5788-2409>, SPIN code: 8811-7558, Correspondence Author, mukhordova@anc55.ru

Aleksandr I. Cheremisin – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Potato Department, SPIN code: 5763-9005

Sergei V. Sogulyak – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Potato Department, SPIN code: 2608-1940

Maksim V. Urman – Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Research, SPIN code: 1484-4291

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-30-35>
УДК: 631.526.325:635.25(089)

В.С. Романов*

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: romanov_valera@mail.ru

Вклад автора: В.С. Романов: концептуализация, методология, проведение исследования, написание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Романов В.С. Межвидовые гибриды лука как генетический источник увеличения биоресурсной коллекции. *Овощи России*. 2025;(2):30-35. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-30-35>

Поступила в редакцию: 03.06.2024

Принята к печати: 28.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Valeriy S. Romanov*

Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

*Corresponding Author: romanov_valera@mail.ru

Author's Contribution: Romanov V.S.: 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: Romanov V.S. Interspecific hybrids Allium as a genetic source of increasing the bioresource collection. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-30-35>

Received: 03.06.2024

Accepted for publication: 28.12.2024

Published: 15.04.2025

Межвидовые гибриды лука как генетический источник увеличения биоресурсной коллекции

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Цель. Получить и оценить по хозяйственно-полезным признакам и устойчивости к переноспорозу селекционные формы межвидовых гибридов лука для пополнения биоресурсной коллекции рода *Allium* L.

Материал и методы. Исследования проводили на растениях потомств I_{1-5} от BC_1 межвидовых гибридов лука комбинаций скрещивания F_5 (*A. cepa* × *A. vavilovii*) и F_5 (*A. cepa* × *A. fistulosum*). Морфологическую оценку проводили по признакам луковицы. Растения в полевых условиях выращивали по технологии возделывания культуры лука репчатого для данной почвенно-климатической зоны. Фитопатологическая оценка включала выявление характера устойчивости растений лука к переноспорозу.

Результаты. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* и *A. cepa* × *A. vavilovii* растения сформировали луковицы массой 54,4–100,0 г. Максимальное значение по массе луковицы более 85,0 г у растений $I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$. У растений лука в основном отмечалось расщепление на желтую и красную окраску луковицы. Среди комбинаций скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* и *A. cepa* × *A. vavilovii* красная окраска луковицы составляла от 44,0 до 97,0%. У комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* преобладала широкоэллиптическая форма луковицы (15–85%). В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* растения $I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$ сформировали 95,0% эллиптические луковицы, а 5,0% – круглые луковицы. У растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* количество устойчивых растений к ЛМР варьировало в инбредных поколениях от 42,0 до 49,0%. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения с I_1 до I_5 возрастало число устойчивых растений к переноспорозу с 50,0 до 74,0%. В контроле отмечали 90,0% неустойчивых растений, а также их гибель.

Заключение. Анализ растений межвидовых гибридов лука из инбредных потомств I_{1-5} комбинаций скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* и *A. cepa* × *A. fistulosum* показал возможность увеличения биоресурсов лука, за счет полученных с помощью межвидовой гибридизации, насыщающих скрещиваний и инбридинга селекционных форм. Морфологическая оценка по качественным и количественным характеристикам полученных растений лука позволила выделить перспективные для селекции формы из потомства $I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$ массой луковицы около 100,0 г эллиптической и широкоэллиптической формы. На основании фитопатологической оценки выделены рекомбинантные формы лука как генетические источники в потомстве $I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$ с 74,0% растений устойчивых к переноспорозу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

биоресурсная коллекция, межвидовая гибридизация, род *Allium* L., селекционный признак

Interspecific hybrids Allium as a genetic source of increasing the bioresource collection

ABSTRACT

Purpose. To obtain and evaluate breeding forms of interspecific allium hybrids based on economically useful characteristics and resistance to downy mildew to replenish the bioresource collection of the genus *Allium* L.

Material and Methods. The studies were carried out on plants of progeny I_{1-5} from BC_1 interspecific allium hybrids of crossing combinations F_5 (*A. cepa* × *A. vavilovii*) and F_5 (*A. cepa* × *A. fistulosum*). Morphological assessment was carried out according to the signs of the bulb. Plants in the field were grown using the technology of onion cultivation for this soil and climatic zone. The phytopathological assessment included identifying the nature of onion plants resistance to downy mildew.

Results. In a combination of crossing species of *A. cepa* × *A. fistulosum* and *A. cepa* × *A. vavilovii*, the plants formed bulbs weighing 54.4–100.0 g. The maximum bulb weight is more than 85.0 g in plants, $I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$. Onion plants mainly showed splitting into yellow and red bulbs. Among the crossing combinations species of *A. cepa* × *A. fistulosum* and *A. cepa* × *A. vavilovii*, the red coloration of the bulb ranged from 44.0 to 97.0%. In the combination species of *A. cepa* × *A. fistulosum*, the broadly elliptical bulb shape prevailed (15–85%). In a combination species crossing of *A. cepa* × *A. vavilovii*, plants $I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$ 95.0% formed elliptical bulbs, and 5.0% formed round bulbs. In plants of the crossing combination species *A. cepa* × *A. fistulosum*, the number of plants resistant to downy mildew varied in inbred generations from 42.0 to 49.0%. In combination with the crossing species of *A. cepa* × *A. vavilovii*, with an increase in the inbred generation from I_1 to I_5 , the number of plants resistant to downy mildew increased from 50.0 to 74.0%. In the control, 90.0% of unstable plants were noted, as well as their death.

Conclusion. The analysis of plants of interspecific allium hybrids from inbred progeny of I_{1-5} combinations of crosses species of *A. cepa* × *A. vavilovii* and *A. cepa* × *A. fistulosum* showed the possibility of increasing onion biological resources due to interspecific hybridization, saturating crosses and inbreeding of breeding forms. A morphological assessment of the qualitative and quantitative characteristics of the onion plants obtained made it possible to identify promising breeding forms from the progeny of $I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$ the weight of the bulb is about 100.0 g of elliptical and broadly elliptical shape. Based on a phytopathological assessment, recombinant *Allium* forms as a genetic source were isolated in the progeny of $I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$ with 74.0% of plants resistant to downy mildew.

KEYWORDS:

bioresource collection, interspecific hybridization, genus *Allium* L., breeding trait

Введение

Род *Allium* L. насчитывает свыше 800 видов. Широко возделываемыми культурными видами являются: лук репчатый (*Allium cepa* L.), чеснок (яровой и озимый) (*Allium sativum* L.), лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.), лук батун (*Allium fistulosum* L.), шнитт-лук (*Allium schoenoprasum* L.), лук алтайский (*Allium altaicum* Pall.) и лук-порей (*Allium porrum* L.) [1].

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) – одна из основных овощных культур, занимающая второе место по объему производства в мире [2]. За уникальный вкус и полезные свойства лук репчатый на протяжении тысячелетий использовался в кулинарии и как лекарственное растение. Окультуривание лука репчатого происходило из диких видов лука отбором генотипов с полезными признаками для потребителей и производителей [3]. В настоящее время лук репчатый возделывается в 140 странах мира [4].

Разнообразие сортов лука репчатого зависит от географического местоположения, агроклиматических условий, технологий выращивания и культуры потребления [5].

С изменением климата и экологических условий возрастает зависимость от биотических и абиотических факторов видового состава растений и в целом отрасли сельского хозяйства. Сбор, сохранение, пополнение и использование биоресурсов – это основные мероприятия для предотвращения потерь генофонда и важнейших хозяйственных признаков культуры лука. Управление биоресурсами позволяет получать новые знания о генетике видов необходимые при сохранении разнообразия растений для обеспечения продовольственной безопасности [6].

Биоресурсные коллекции охватывают широкий спектр сортов, гибридов и селекционных линий лука, коммерческих сортов, сортов народной селекции и диких сороричей со своими уникальными генетическими признаками [7].

Сорта и селекционные линии лука репчатого создаются селекционерами для повышения потенциальной урожайности, улучшения вкусовых качеств, сохранности, адаптивности к условиям окружающей среды, изменения характеристик луковиц (окраски, формы, содержания растворимых сухих веществ и т.д.). Создание, внедрение сортов и гибридов вносит значительный вклад в повышение производительности и прибыльности отрасли сельского хозяйства [8].

Селекционные линии, созданные из генетически разнообразных константных линий, служат основой для гибридов F₁. Они отбираются по конкретным признакам (например, по устойчивости к болезням, биохимическим показателям и т.д.) [9]. Скрещивание разных родительских линий позволяет селекционерам комбинировать ценные признаки родителей, в результате гибриды проявляют гетерозис, однородность, высокую урожайность и устойчивость к болезням, по сравнению с родительскими линиями [10]. Селекционные линии устойчивые к болезням снижают зависимость от химических обработок, а высокопродуктивные повышают потенциальную товарную урожайность лука [11].

Коммерческие сорта отличаются высокой востребованностью на рынке хозяйственно-ценными признаками, высокой урожайностью, устойчивостью к патогенам, вре-

дителям и высокой семенной продуктивностью. Они создаются адаптивными к уникальным климатическим условиям, типам почв региона возделывания и технологиям выращивания.

Сорта народной селекции – это традиционные, генетически гетерогенные популяции, адаптированные к конкретным эколого-географическим условиям, сохраняемые в личных подсобных хозяйствах на протяжении многих поколений. Они устойчивы к вредителям, болезням, распространенным в их родных регионах, специфическому климату, типам почв, длине светового дня и агротехнике [12].

Отбор из дикорастущих популяций форм лука с ценными признаками для различных регионов привел к появлению широкого спектра сортов народной селекции со значительной генетической изменчивостью. А популяции, из которых проводился отбор селекционных форм, используются как дикие родичи в поддержании генетического разнообразия биоресурсов лука для селекционной работы и научных исследований [13, 14]. Это виды дикорастущего лука *A. asarense* Fritsch & Matin, *A. roylei* Stearn, *A. galanthum* Kar. & Kir., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. turkestanicum* Regel, *A. pskemense* B. Fedtsch., *A. altaicum* Pall., *A. farctum* Wendelbo, *A. praemixtum* Vved., *A. rhabdotum* Stearn и *A. vavilovii* Pop. et Vved., используемые как доноры устойчивости к болезням, вредителям, засухе, экстремальным температурам и низкому плодородию почв [15]. Изучая биологию и адаптивные признаки диких родственных, селекционеры создают формы лука, лучше приспособленные к стрессовым условиям выращивания [16].

Гибридизация дикорастущих видов рода *Allium* L. с луком репчатым один из способов увеличения биоресурсов лука. Создание новых форм растений с уникальным генетическим материалом расширяет генотипическую и фенотипическую изменчивость, увеличивая отбор ценных в практическом отношении генотипов.

Полученные на основе межвидовой гибридизации совместно с беккроссированием, инбридингом, кросс-бридингом, полиплоидизацией, скрещивания с промежуточным видом, новые уникальные формы растений в зависимости от их генетической природы имеют большой потенциал для создания сортов с благоприятными селекционно-ценными признаками [17, 18, 19].

Цель работы – получить и оценить по хозяйственно-полезным признакам и устойчивости к пероноспорозу селекционные формы межвидовых гибридов лука для пополнения биоресурсной коллекции рода *Allium* L.

Материал и методы

В исследованиях изучали растения из потомств I₁₋₅ от ВС₁ межвидовых гибридов лука комбинаций скрещивания F₅ (*A. cepa* × *A. vavilovii*) и F₅ (*A. cepa* × *A. fistulosum*). Морфологическую оценку проводили по признакам луковицы: основная окраска сухих чешуй, масса, форма луковицы [20]. Оценивали 50 инбредных потомств по 40-50 растений в потомстве. В качестве контроля использовали растения сорта Одинцовец (*A. cepa* L.). Селекционный материал брали из УНУ (уникальная научная установка) «Генетическая коллекция растительных ресурсов ВНИИССОК (Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур)».

Растения в полевых условиях выращивали по технологии возделывания культуры лука репчатого почвенно-климатической зоны Московской области [13]. Фитопатологическая оценка включала выявление характера устойчивости растений лука к пероноспорозу [21].

Статистическую обработку результатов проводили по Доспехову Б.А. [22] и с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка межвидовых гибридов лука проводилась на выявление разнообразия растений по числу листьев, основным признакам луковицы (масса, форма, окраска луковицы) и устойчивости к пероноспорозу. В более ранних исследованиях проводилась оценка растений межвидовых гибридов внутри потомств, позволяя отбирать формы для повышения константности селекционно-ценных признаков [17].

У растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* в поколении I₁-I₅ от BC₁ число листьев варьировало от 6,5 до 9,5 (табл. 1). При этом среднее число листьев изменялось волнообразно – высокие значения в I₁, I₃, I₅ и низкие – в I₂, I₄. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* высокое значение признака отмечалось в инбредном поколении I₁ (8,2 листа). С увеличением инбредного поколения с I₂ до I₅ растения были выровнены по данному

признаку (6,3-6,9 листьев в среднем на растении). В контроле (сорт Одинцовец) среднее число листьев составило 7,0 шт.

В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* растения сформировали луковицы массой 54,4-100,0 г (табл. 1). Признак изменялся в зависимости от поколения инбридинга. Наиболее высокое значение по массе луковицы отмечали в поколении I₃ равное 100,0 г. У растений в комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения увеличивалась средняя масса луковицы. Она находилась в пределах 37,0-85,0 г. Максимальное значение по данному признаку наблюдали у растений I₅BC₁(F₅(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) с массой более 85,0 г. Растения контроля характеризовались массой луковицы до 100 г.

По диаметру луковицы отмечали следующую закономерность: у растений обеих комбинаций скрещивания видов – с увеличением инбредного поколения с I₁ до I₅ увеличивался также и диаметр луковицы с 2,4-3,8 см до 4,8-4,9 см.

Растения в инбредных потомствах лука в основном расщеплялись по окраске сухих чешуй луковицы на: жёлтую и красную (табл. 1, рис. 1). Среди растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* преобладала красная окраска луковицы (44,0-93,0%). А растения с жёлтой окраской луковицы варьировали в инбредных поколениях от 7,0 до 56,0%. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* преобла-

Таблица 1. Разнообразие растений межвидовых гибридов по селекционным признакам
Table 1. Diversity of plants of interspecific *Allium* hybrids by breeding traits

Комбинация скрещивания	Число листьев, шт.	Масса луковицы, г	Диаметр луковицы, см	Окраска сухих чешуй, %	
				жёлтая	красная
	X _{ср} ±S _{Xср}	X _{ср} ±S _{Xср}	X _{ср} ±S _{Xср}		
I ₁ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	8,8±0,3	79,0±3,4	3,8±0,1	49,0	51,0
I ₂ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	6,5±0,2	54,4±2,4	4,6±0,1	7,0	93,0
I ₃ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	9,5±0,4	100,0±3,6	4,7±0,1	56,0	44,0
I ₄ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	6,7±0,2	68,0±3,2	4,8±0,2	27,0	73,0
I ₅ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	7,8±0,1	84,4±2,9	4,8±0,1	24,0	76,0
I ₁ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	8,2±0,3	37,0±1,4	2,4±0,1	57,0	43,0
I ₂ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	6,3±0,2	53,3±2,3	3,1±0,1	3,0	97,0
I ₃ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	6,9±0,2	64,0±3,1	4,8±0,1	100,0	0
I ₄ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	6,6±0,2	78,0±3,3	4,9±0,2	38,0	62,0
I ₅ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	6,5±0,1	85,0±3,0	4,9±0,1	13,0	87,0
Одинцовец (<i>A. cepa</i> L.) контроль	7,0±0,2	100,0±2,5	5,0±0,1	100	0
HCP ₀₅	0,47	23,0	0,21		



Рис. 1. Разнообразие луковичных инбредных потомств межвидовых гибридов лука:

а), б) – *A. cepa* × *A. vavilovii* и в), г) – *A. cepa* × *A. fistulosum*
 Fig. 1. Diversity of bulbous inbred progeny of interspecific hybrids:
 а), б) – *A. cepa* × *A. vavilovii* and в), г) – *A. cepa* × *A. fistulosum*

дала также красная окраска луковицы (62,0-97,0%). Но у инбредного потомства I_3 все растения имели жёлтую окраску луковицы. По окраске луковицы у данных селекционных форм четкой закономерности определить не удалось. Растения, с

которых получены инбредные потомства, вероятней всего, оказались гетерозиготны, а учетная выборка не позволила охарактеризовать данный признак. В контроле все растения сформировали луковицы жёлтой окраски.

Таблица 2. Характеристика растений межвидовых гибридов лука по форме луковицы, (I), %
 Table 2. Characteristics of plants of interspecific *Allium* hybrids by bulb shape, I, %

Комбинация скрещивания	Форма луковицы (I)*		
	эллиптическая (0,7)	широкоэллиптическая (0,8-0,9)	круглая (1,0)
$I_1BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	85,0	15,0	0
$I_2BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	15,0	85,0	0
$I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	53,0	48,0	0
$I_4BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	0	45,0	55,0
$I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. fistulosum))$	57,0	43,0	0
$I_1BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	85,0	15,0	0
$I_2BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	90,0	10,0	0
$I_3BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	95,0	0	5,0
$I_4BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	80,0	20,0	0
$I_5BC_1(F_5(A. cepa \times A. vavilovii))$	5,0	95,0	0
Одинцовец (<i>A. cepa</i> L.) контроль	0	30,0	70,0

*I – индекс формы луковицы.

Таблица 3. Растения межвидовых гибридов лука устойчивые к ложной мучнистой росе (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp.), %
Table 3. Plants of interspecific hybrids of *Allium* resistant by downy mildew (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp.), %

Комбинация скрещивания	Поражение пероноспорозом	
	устойчивые	неустойчивые
I ₁ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	50,0	50,0
I ₂ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	56,0	34,0
I ₃ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	60,0	40,0
I ₄ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	66,0	34,0
I ₅ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. vavilovii</i>))	74,0	26,0
I ₁ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	49,0	51,0
I ₂ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	45,0	55,0
I ₃ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	47,0	53,0
I ₄ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	42,0	58,0
I ₅ BC ₁ (F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>))	43,0	57,0
Одинцовец (<i>A. cepa</i> L.) контроль	10,0	90,0

Селекционные формы межвидовых гибридов лука имели эллиптическую (I=0,6-0,7), широкоэллиптическую (I=0,8-0,9) и круглую (I=1,0) форму луковицы (табл. 2).

У комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* преобладала широкоэллиптическая форма луковицы (15-85%). В потомстве I₄BC₁(F₅(*A. cepa* × *A. fistulosum*)) у растений сформировались широкоэллиптические (45,0%) и круглые (55,0%) луковицы. В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* преобладала эллиптическая и широкоэллиптическая форма луковицы с частотой встречаемости от 5,0 до 95,0%. Исключение составляют растения I₃BC₁(F₅(*A. cepa* × *A. vavilovii*)), у которых 95,0% эллиптические луковицы, а 5,0% – круглые луковицы. Растения контроля образовали луковицы круглой и широкоэллиптической формы с частотой встречаемости 70,0% и 30,0%.

В ранних исследованиях фитопатологическую оценку растений межвидовых гибридов лука проводили по пятибалльной шкале внутри потомств, отбирая устойчивые формы [17]. В данной работе для более жесткого отбора инбредные потомства поделили на устойчивые (0 баллов) и неустойчивые (1,0-4,0 баллов).

Фитопатологическая оценка межвидовых гибридов лука показала, что в зависимости от поколения инбридинга растения обладали различной устойчивостью к пероноспорозу (табл. 3). У растений комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. fistulosum* количество устойчивых растений к ЛМР варьировало в инбредных поколениях от 42,0 до 49,0%.

Фактически растения данной комбинации скрещивания видов разделились поровну: устойчивые и неустойчивые.

В комбинации скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* с увеличением инбредного поколения с I₁ до I₅ возрастало число устойчивых растений к пероноспорозу с 50,0 до 74,0%. Остальные растения данной комбинации скрещивания оказались неустойчивыми к болезни. В контроле отмечали 90,0% неустойчивых растений, а также наблюдалась их гибель.

Заключение

Анализ растений межвидовых гибридов лука из инбредных потомств I₁₋₅ комбинаций скрещивания видов *A. cepa* × *A. vavilovii* и *A. cepa* × *A. fistulosum* показал возможность увеличения биоресурсов лука, за счет полученных с помощью межвидовой гибридизации, насыщающих скрещиваний и инбридинга селекционных форм.

Морфологическая оценка по качественным и количественным признакам у полученных растений лука позволила выделить перспективные формы для селекции из потомств I₃BC₁(F₅(*A. cepa* × *A. fistulosum*)) массой луковицы около 100,0 г эллиптической и широкоэллиптической формы. На основании фитопатологической оценки выделены рекомбинантные формы лука как генетические источники в потомстве I₅BC₁(F₅(*A. cepa* × *A. vavilovii*)) с 74,0% растений, устойчивых к пероноспорозу.

• Литература /References

1. Huo Y., Gao L., Liu B., Yang Y., Kong S., Sun Y., Yang Y., Wu X. Complete chloroplast genome sequences of four *Allium* species: Comparative and phylogenetic analyses. *Sci. Rep.* 2019;9:12250. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48708-x>
2. Kiani Z., Mashayekhi K., Golubkina N., Mousavizadeh S.J., Nezhad K.Z., Caruso G. Agronomic, physiological, genetic and phytochemical characteristics of onion varieties influenced by daylength requirements. *Agriculture*. 2023;13:697. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030697>
3. Havey M.J. Onion breeding. *Plant Breed. Rev.* 2018;42:39-85. <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch2>
4. Benke A.P., Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Mokot D.N. Interspecific hybridization in *Allium* crops: Status and prospectus. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2022;69:1-9. <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01283-5>
5. Cramer C.S., Mandal S., Sharma S., Nourbakhsh S.S., Goldman I., Guzman I. Recent advances in onion genetic improvement. *Agronomy*. 2021;11:482. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030482>
6. Priyanka V., Kumar R., Dhaliwal I., Kaushik P. Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity - A review. *Sustainability*. 2021;13:6743. <https://doi.org/10.3390/su13126743>
7. Khosa J.S., McCallum J., Dhatt A.S., Macknight R.C. Enhancing onion breeding using molecular tools. *Plant Breed.* 2015;135:9-20. <https://doi.org/10.1111/pbr.12330>
8. Manjunathagowda D.C., Muthukumar P., Gopal J., Prakash M., Bommesh J.C., Nagesh G.C., Megharaj K.C., Manjesh G.N., Anjanappa M. Male sterility in onion (*Allium cepa* L.): Origin: Origin, evolutionary status, and their prospectus. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2021;68:421-439. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-01077-1>
9. Scholten O.E., van Heusden A.W., Khrustaleva L.I., Burger-Meijer K., Mank R.A., Antonise R.G.C., Harrewijn J.L., Van Haecke W., Oost E.H., Peters R.J., et al. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. *Euphytica*. 2007;256:345-353. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9383-9>
10. Chuda A. Hybridization and molecular characterization of *F₁ Allium cepa x Allium roylei* plants. *Acta Biol. Crac. Ser. Bot.* 2012;54:25-31. <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0016-9>
11. Wohleb C.H., Waters T.D. Yield, quality, and storage characteristics of onion cultivars in the Columbia basin of Washington in 2012-14. *HortTechnology*. 2016;26:230-243. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.2.230>
12. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М. ВНИИССОК. 2001. 500 с. <https://elibrary.ru/wqdcjmj> [Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. M. VNIIS-SOK. 2001. 500 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wqdcjmj>]
13. Manjunathagowda D.C. Genetic enhancement of onion germplasm through population improvement. *Plant Physiol. Rep.* 2022;27:73-80. <https://doi.org/10.1007/s40502-022-00646-z>
14. Rivera A., Mallor C., Garcés-Claver A., García-Ulloa A., Pomar, F., Silvar C. Assessing the genetic diversity in onion (*Allium cepa* L.) landraces from northwest Spain and comparison with the European variability. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 2016;44:103-120. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1150308>
15. Villano C., Esposito S., Carucci F., Iorizzo M., Frusciante L., Carpato D., Aversano R. High-throughput genotyping in onion reveals structure of genetic diversity and informative SNPs useful for molecular breeding. *Mol. Breed.* 2019;39:5. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0912-0>
16. Scholten O.E., van Kaauwen M.P., Shahin A., Hendrickx P.M., Keizer L., Burger K., van Heusden A.W., van der Linden C.G., Vosman B. SNP-markers in *Allium* species to facilitate introgression breeding in onion. *BMC Plant Biol.* 2016;16:187. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0879-0>
17. Романов В.С., Романова О.В., Тареева М.М. Луковичные формы межвидовых гибридов лука, их создание и оценка. *Овощи России*. 2019;(1):42-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-42-45> <https://elibrary.ru/fmnubc> [Romanov V.S., Romanova O.V., Tareeva M.M. The bulbous forms of interspecific hybrids of allium, their creation and evaluation. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-42-45> <https://elibrary.ru/fmnubc>]
18. Khrustaleva L.I., Kik C. Introgression of *Allium fistulosum* into *A. cepa* mediated by *A. roylei*. *Theor. Appl. Genet.* 2000;100:17-26. <https://doi.org/10.1007/s001220050003>
19. Титова И.В., Тимин Н.И., Юрьева Н.А. Межвидовая гибридизация луков с целью получения форм, устойчивых к ложной мучнистой росе. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1983;(8):190. [Titova I.V., Timin N.I., Yuryeva N.A. Interspecific hybridization of onions to obtain forms resistant to downy mildew. *Reports of VASKhNIL*. 1983;(8):190. (In Russ.)]
20. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность лук репчатый (*Allium cepa* L.) и лук шалот (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, UPOV, 2000. С. 528-547. [Methodology for testing the distinctiveness, homogeneity and stability of onions (*Allium cepa* L.) and shallots (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, UPOV, 2000. Pp. 528-547. (In Russ.)]
21. Методические указания по селекции луковых культур. М., ВНИИССОК, 1997. 125 с. [Methodical instructions for the selection of onion crops. Moscow, VNISSOK, 1997. 125 p. (In Russ.)]
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospekhov B.A. Methodology of field experiment. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)]

Об авторе:

Валерий Станиславович Романов – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3287-1914>, SPIN-код: 1239-2730, автор для переписки, romanov_valera@mail.ru

About the Author:

Valeriy S. Romanov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Scientist, <https://orcid.org/0000-0002-3287-1914>, SPIN-code: 1239-2730, Corresponding Author, romanov_valera@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>
УДК: 635.41(089)

Е.Г. Киселев,
Д.В. Соколова*

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова
190000 Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, 42, 44

Автор для переписки: dianasokol@bk.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту FGEM-2022-0003 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: эффективные пути раскрытия эколого-генетических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала».

Вклад авторов: Киселев Е.Г.: изучение литературы, формальный анализ, визуализация, написание текста рукописи. Соколова Д.В.: концептуализация, курирование данных, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Киселев Е.Г., Соколова Д.В. Потенциал коллекции шпината ВИР для использования в селекции. *Овощи России*. 2025;(2):36-44. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>

Поступила в редакцию: 16.01.2025

Принята к печати: 17.03.2025

Опубликована: 15.04.2025

Evgenii G. Kiselev,
Diana V. Sokolova*

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR)
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia

*Corresponding Author: dianasokol@bk.ru

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment for the project FGEM-2022-0003 "World resources of vegetable and melon crops of the VIR collection: effective ways to reveal the ecological and genetic patterns of the formation of diversity and the use of breeding potential".

Authors' Contribution: Kiselev E.G.: literature review, formal analysis, visualization, manuscript writing. Sokolova D.V.: conceptualization, data curation, writing – review & editing.

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

For citation: Kiselev E.G., Sokolova D.V. Potential of the VIR Spinach collection for use in breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):36-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-36-44>

Received: 16.01.2025

Accepted for publication: 17.03.2025

Published: 15.04.2025

Потенциал коллекции шпината ВИР для использования в селекции



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Шпинат (*Spinacia oleracea* L.) экономически значимая овощная культура, выращиваемая во всем мире. Это однолетняя холодостойкая и скороспелая культура, культивируемая как в защищенном, так и в открытом грунте. Поэтому, существует потребность в большом разнообразии сортов и гибридов, приспособленных к конкретным условиям. В Государственном реестре селекционных достижений РФ содержится 67 сортов и гибридов шпината, из которых на долю иностранной гибридной селекции приходится 66%. Создание отечественных гибридов шпината осложняется недостатком хорошо изученного исходного материала: выровненных генотипов гиноэцичного типа, сочетающих высокую урожайность, скороспелость и богатый биохимический состав.

Материалы и методы. Генетическое разнообразие культуры - потенциал для селекционного использования и активного изучения в свете современных знаний и технологий. Собранная в Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) коллекция шпината, имеющая 90-летнюю историю, включает 744 образца и является самой большой в мире. Она уникальна по разнообразию и происхождению образцов.

Результаты. В коллекции имеются высокоурожайные, скороспелые, поздно-зацветающие генотипы, создаются линии с преобладанием женского типа цветения, полиплоиды. Созданы признаковые группы по пластичности, высокому содержанию ценных биохимических веществ. В результате многолетнего всестороннего изучения коллекции шпината выделены генотипы, рекомендуемые для включения в селекционные схемы.

Заключение. Сохраняемый в институте разнообразный хорошо изученный генофонд шпината способен предоставлять неограниченные возможности для селекции и восполнять нужды населения страны, обогащая рацион богатой пигментами, лютеином и белком листовой культурой с высоким содержанием фенольных элементов и антиоксидантной активностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Spinacia L., разновидности, сортоотыпы, скороспелость, генофонд, селекция

Potential of the VIR Spinach collection for use in breeding

ABSTRACT

Relevance. Spinach (*Spinacia oleracea* L.) is an economically important vegetable crop grown all over the world. This is an annual, cold-resistant and early-ripening crop, cultivated both in protected and open ground. Therefore, there is a need for a wide diversity of varieties and hybrids adapted to specific conditions. The State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation contains 67 varieties and hybrids of spinach, of which 66% are foreign hybrid selection. The creation of domestic spinach hybrids is complicated by the lack of well-studied initial material: aligned genotypes of the gynoeic type, combining high yield, early maturity and rich biochemical composition.

Materials and Methods. Genetic diversity of crops – potential for breeding and active study in the light of modern knowledge and technologies. The spinach collection collected at the Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), which has a 90-year history, includes 744 samples and is the largest in the world. It is unique in the diversity and origin of its accessions.

Results. The collection contains high-yielding, early-ripening, late-blooming genotypes; lines with a predominance of the female type of flowering, polyploids are being created. Characteristic groups have been created based on plasticity and high content of valuable biochemicals. As a result of many years of comprehensive study of the spinach collection, the genotypes recommended for inclusion in breeding schemes were identified.

Conclusion. The diverse, well-studied gene pool of spinach preserved at the institute is capable of providing unlimited opportunities for breeding and meeting the needs of the country's population, enriching the diet with leafy crop rich in pigments, lutein and protein, with a high content of phenolic elements and antioxidant activity.

KEYWORDS:

Spinacia L., varieties, types of spinach varieties, early ripening, gene pool, breeding

Введение

В современном обществе предъявляются высокие требования к качеству пищи. Наибольшим спросом пользуются продукты богатые витаминами и благотворно влияющие на здоровье человека. Известно, что употребление в пищу большого количества зеленных овощей уменьшает вероятность развития проблем сердечно-сосудистой системы и онкологических заболеваний, а также снижает риск набора лишнего веса [1]. Одним из таких продуктов является шпинат. Он употребляется в пищу в салатах, супах, пюре, из него изготавливают консервированные соки и детское питание. В пищевой промышленности получают краситель зелёного цвета, используемый для подкрашивания теста, макарон, консервированного зелёного горошка и мороженого [2,3]. Листья шпината характеризуются высокой концентрацией сухого вещества ($10,5 \pm 0,2\%$), в составе которого до 25% приходится на белок [4-6]. Благотворное воздействие шпината на организм человека подтверждено рядом исследований [7-10]. Шпинат богат различными активными соединениями, такими как флавоноиды и другие полифенолы, оказывающими антиканцерогенный эффект [9-11]. Пищевая ценность культуры обуславливается в том числе содержанием бета-каротина (провитамин А) и фолиевой кислоты. Шпинат также является хорошим источником витамина С, кальция, железа, фосфора, натрия и калия [12]. Он богат витаминами В1, В2, В3, В6, В9, Н, К, Е, Р и РР и каротиноидами [13]. Из общего числа каротиноидов, обнаруженных в шпинате, наибольшую ценность представляет лютеин [14]. Данный ксантофилл содержится в макуле сетчатки глаза и не синтезируется в организме человека [15]. Поэтому потребление продуктов питания и медикаментов, включающих лютеин, крайне необходимо для предотвращения различных дистрофических заболеваний глаз [16,17].

Шпинат можно выращивать в любое время года в защищенном грунте и с апреля по октябрь в открытом. Поэтому, существует потребность в большом разнообразии сортов и гибридов, приспособленных к конкретным условиям. Коллекция шпината Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) уникальна своим разнообразием и происхождением. Она представляет богатый материал для изучения и создания сортов и гибридов. В свете вышесказанного данный обзор представляет интерес для селекционеров и семеноводов шпината.

Основная часть

Шпинат (*Spinacia oleracea* L.) – экономически значимая овощная культура, потребляемая во всём мире, площадь его возделывания растёт с каждым годом. Согласно статистике FAOSTAT, в 2023 году мировое производство шпината составило более 34 миллионов тонн в год на площади 944 тыс. гектар [18]. За последние 10 лет объём продукции вырос почти на 50%, из которого более 90% приходится на Китай, Индонезию и США.

Семеноводством шпината занимаются многие страны. Основным производителем семян шпината в мире является Дания (более 70%). Это стало возможным благодаря благоприятным погодным условиям и длинному световому дню [13,19]. Ранее лидерами производ-

ства семян шпината были США и Нидерланды. Около 90% производимых семян – гибриды. Площадь под семеноводством шпината в Дании продолжает увеличиваться.

В Государственном реестре селекционных достижений [20], допущенных к использованию в Российской Федерации в 2024, содержится 67 сортов и гибридов шпината (рис. 1). Иностранная селекция представлена 44 гибридами селекционно-семеноводческих фирм: Enza Zaden, Nunhems, Sakata, Rijk Zwaan, Syngenta, Bejo, Mansanto, Pop Vriend Seeds и др. Достижения отечественной селекции – 22 сорта от таких институтов и производителей как: Федеральный научный центр овощеводства, Агрофирма Аэлита, Гавриш, Поиск и др. Единственным гибридом Российского происхождения является «Мариска F1». Практически полное отсутствие гибридов шпината отечественной селекции ставит задачу подбора и создания исходного селекционного материала для развития гибридной селекции.



Рис. 1. Соотношение сортов и гибридов шпината в Госреестре РФ

Fig. 1. The ratio of spinach varieties and hybrids in the State Register of the Russian Federation

История культуры

В настоящее время точные данные о происхождении и начале возделывания *S. oleracea* L. неизвестны. Считается, что domestикация шпината началась около 2000 лет назад [21]. Существует предположение, что очагом одомашнивания шпината является Персия, откуда этот листовой овощ распространился на территорию Китая [22]. Самое древнее упоминание о шпинате в Китае относится к VII веку н.э. под названием «bo cai», что переводится как «персидский овощ». Согласно записям, «bo cai» попал из Непала в Китай в 647 году н.э. [23].

Название "spinach" происходит от испанского слова «espinaca» [12]. В Европу культура была завезена маврами из центральной Азии, а именно из Ирана (Персия) в 1100 году н.э., а позже - в Северную Америку ранними колонистами [12]. Первые археологические свидетельства в Европе были обнаружены на территории Франции и датируются концом двенадцатого или началом тринадцатого века н.э. [24]. Исторические упоминания свидетельствуют о том, что экспансия шпината шла из Азии в Средиземноморский регион, Северную Европу и Африку, откуда он позднее попал на Американский континент.

Таксономия и биология шпината

Согласно системе классификации APG II [25], культурный шпинат (*S. oleracea* L.) относится к семейству Amaranthaceae, подсемейству Chenopodioideae, роду *Spinacia* L. Данное семейство включает в себя и другие экономически значимые культуры, такие как свекла, киноа и амарант. В более ранних классификациях шпинат относился к семейству Маревые (Chenopodiaceae). Род *Spinacia* L. включает три вида, из которых два дикорастущие (*S. tetrandra* Stev. и *S. turkestanica* Jlin.) и один культурный (*S. oleracea* L.) [26]. Молекулярные исследования показали, что наиболее вероятным прародителем *S. oleracea* L. является *S. turkestanica* Jlin. [27,28].

Встречается информация о подразделении сортов шпината на две группы: западного и азиатского типа, имеющие анатомо-морфологические различия [29]. Морфологически азиатские формы характеризуются узкими и заостренными листьями с гладкой поверхностью, а также длинными черешками, унаследованными от дикого шпината. Западные сорта отличаются округлостью, увеличенной площадью листовой пластинки и морщинистостью ее поверхности [30]. Филогенетические исследования установили связь между генетическим разнообразием и географическим происхождением образцов шпината [28,31]. Авторы выделили две группы, одна из которых состояла из образцов шпината, произошедших из Европы, Америки, Западной Азии, Восточной Азии и Северного Китая, тогда как вторая группа - из Южного Китая и Японии.

Шпинат – это скороспелая однолетняя, преимущественно ветроопыляемая культура с четко выраженными фазами онтогенеза. Имеет стержневой корень белокоричневого цвета, прямостоячий стебель цилиндрической формы. Цвет листьев от темно-зеленого до светло-зеленого. Листья очерёдные: прикорневые и нижние – черешковые, с различной длиной черешка; стеблевые листья – с коротким черешком и клиновидным основанием. По форме листья варьируют от округлых до удлиненно-ланцетных. В зависимости от генотипа поверхность листа может быть гладкой, волнистой и гофрированной. Образцы родом из Передней, Восточной, Юго-Восточной Азии и Северной Африки имеют более приподнятое расположение листьев, чем западноевропейские и североамериканские – которые характеризуются горизонтальным или слабоприподнятым расположением. Надо отметить, что проведенные в ВИР исследования показали, что при выращивании в условиях длинного светового дня приподнятость розетки увеличивается независимо от генотипа [30].

Шпинат – преимущественно двудомный вид, хотя встречаются различные промежуточные половые типы [32]. По признаку проявления пола J. Sneep [33] выделял у шпината 21 группу, учитывая не только мужские, женские и однодомные растения, но и характер их проявления. Им установлено, что однодомные растения могут иметь как мужские и женские, так и обоеполые цветки в различных соотношениях. У некоторых двудомных растений может наблюдаться реверсия пола, приводящая к гиномоноэпии и андроиноэпии [13,34]. Дикорастущие виды чаще всего характеризуются кластерами сросшихся цветков, в дальнейшем развивающихся в колючие плоды, которые содержат большое

количество семян [30]. Известно, что наличие или отсутствие шипообразных выростов на семенах (колючек) контролируется одним геном, при доминировании присутствия колючек [35].

Для нормального роста и развития шпината необходим световой день продолжительностью 12-15 часов [30]. В условиях длинного дня вегетационный период растений сокращается, ускоряется переход к фазе цветения. На коротком дне наступление фаз онтогенеза растягивается, что неблагоприятно для семеноводства. Однако, короткий день способствует образованию мощной темно-зеленой розетки листьев, увеличивает содержание аскорбиновой кислоты и пигментов, что благоприятно отражается на урожайности и продолжительности периода уборки [36].

Шпинат - достаточно холодостойкая культура: семена начинают прорастать при 3-4°C, оптимальная температура для роста и развития – 15-18°C. Продолжительность вегетационного периода до уборки продукции составляет от 25 до 50 дней. Для получения семян требуется от 70 и 90 дней. Учитывая благоприятные для культуры климатические условия Северо-Запада РФ с выраженным длинным днем в период с мая по июнь, что стимулирует цветение, и достаточным количеством осадков, данный регион может рассматриваться для семеноводства шпината.

Развитие селекции

Информации о селекции шпината и получении новых сортов до конца XIX в. н.э. крайне мало. В середине XX в. н.э. были опубликованы данные об истории доместикации и селекции шпината [27]. Автором отчёта, опубликованного в 1958 году, был J. Sneep [33]. Его статья, по всей видимости, является самым первым исчерпывающим источником информации о процессе селекции шпината до 1950-х годов. Сведений о сортах XVI-XVII века практически нет. Информация стала доступна благодаря торговцам семенами и селекционным компаниям, которые начали вести документацию с названиями местных сортов, а также добавлять краткое описание с указанием их характеристик.

Основную роль в селекции шпината в XIX веке играла Французская семеноводческая компания Vilmorin-Andrieux [38,39]. Считается, что некоторые сорта Vilmorin-Andrieux являются предшественниками многих европейских сортов [40]. Gibault отметил, что сорта «Épinards d'Angleterre» и «Épinards de Hollande» селекционной компании Vilmorin-Andrieux стали самыми популярными, выведенными к концу XVIII века. При этом «Épinards d'Angleterre» характеризовался колючими семенами, а «Épinards de Hollande» - гладкими. Самый распространённый сорт в начале XIX века был известен в Нидерландах под названием «Vlaamse». Он был выведен из сорта «Épinards de Hollande» компанией Vilmorin-Andrieux с оригинальным названием «Épinard de Flandre» в 1829 году [40]. С конца XIX века селекционные компании из Нидерландов, такие как Sluis & Groo (в данный момент является частью Syngenta) и Rijk Zwaan, начинают играть главенствующую роль в селекции шпината.

В 1843 году был представлен сорт «Gaudry», предположительно полученный из «Épinards de Hollande», а в 1873 – «Viroflay», исходным образцом для

которого послужил «Monstrueux de Viroflay». Данные сорта характеризовались гладкими семенами и ровной поверхностью листа [37].

Первые сорта с гофрированными листьями появились около 1870 года. Гофрированные листья исторически получали большую востребованность в регионах, где было необходимо перемещать растения на длинные расстояния [21]. Благодаря такой структуре листа шпинат становится более объёмным при упаковке и перевозке, что, в свою очередь, продлевает срок его хранения. Первые сорта с гофрированными листьями получили название «Savoy-leaved», «Norfolk» и «Bloomsdale». Сегодня можно встретить описание типа гофрированного листа с названием «савойский». Исходным селекционным материалом послужил сорт «Bloomsdale», селекция которого была направлена на улучшение окраски листа до тёмно-зелёной и устойчивости к цветению [37].

Известны работы по селекции шпината на устойчивость к биотическому стрессу. В 1920 году Смит обнаружил, что образцы шпината, собранные во время экспедиции в Китай, не привлекали тлю, которая передавала вирус огуречной мозаики [41]. В 1921 он создал новый сорт «Virginia Savoy», характеризующийся устойчивостью к вирусу огуречной мозаики. Для этого он скрестил экспедиционные образцы с сортом «Bloomsdale», что является первым задокументированным случаем селекции шпината на устойчивость. С 1936 по 1946 год путём многократного отбора резистентных к фузариозному увяданию растений «Virginia Savoy» была выведена устойчивая линия шпината [42,43]. В 1950-х годах селекционеры работали над выведением сортов и гибридов с гладкими семенами, устойчивых к ложной мучнистой росе и вирусу огуречной мозаики [44]. Первые устойчивые гибриды F₁ были получены в 1955 («Early Hybrid 7») и 1957 («Dixie Market») [45].

В 1955 г. для создания гибридов шпината было предложено использовать в качестве материнского компонента для скрещиваний линию с высоким процентом содержания женских растений или однодомную, а в качестве отцовского - насыщенный мужскими цветками сорт. Использование однодомных, облиственных растений в качестве опылителя показало высокую эффективность для получения гибридного потомства с высокой урожайностью [44,46,47].

Помимо шпината савойского типа появлялись устойчивые к ложной мучнистой росе сорта с гладкими листьями. Первым из них в 1957 году стал сорт «Califlay», выведенный из образца PI 140467 [48]. В 1958 году из-за появления новой расы *Peronospora efusa* (*Pfs2*) было отмечено заражение ложной мучнистой росой некоторых растений сорта «Califlay» [49]. Стоит отметить, что гибриды «Early Hybrid 7» и «Dixie Market» оказались устойчивы к *Pfs2* [50]. Позднее была выдвинута гипотеза дигенного наследования устойчивости к *pfs2* [51]. В дальнейшем были обнаружены гены *M1* и *M2*, отвечающие за устойчивость шпината к ложной мучнистой росе. Селекционеры сфокусировались на переносе генов *M1* и *M2* в различные сорта шпината. Одним из полученных сортов стал «Resistoflay», выведенный из «Viroflay» в 1965 году [37]. До 1976 года устойчивость к ложной мучнистой росе сохранялась, но позднее была идентифицирована новая раса *Pfs3*. При этом «Califlay» и другие сорта, выведенные на его основе, показали устойчивость к *Pfs3* [51]. Данный факт позволил выдвинуть гипотезу о существовании третьего гена устойчивости (*M3*) у «Califlay» и в дальнейшем селекционеры сфокусирова-

лись на выведении сортов с генами *M1*, *M2* и *M3* [52]. В глобальном масштабе ложная мучнистая роса является одним из самых массовых и разрушительных заболеваний шпината [53]. К 2018 году было определено уже 19 рас возбудителей ложной мучнистой росы [54]. В связи с тем, что новые расы патогена продолжают появляться - выведение новых сортов, устойчивых к ложной мучнистой росе, всегда является актуальной задачей.

Из почти 2027 образцов рода *Spinacia*, включённых в международную базу данных шпината ISDB [55], хранящихся в коллекциях генетических ресурсов во всем мире на 2010 год, 88% составлял вид *S. oleracea* L. [56,57]. При этом, дикий вид *S. turkestanica* Jlin. представляет большой интерес для селекции, как источник ценных признаков, например, устойчивости к болезням и повышенному содержанию аскорбиновой кислоты, антиоксидантной активности [6,53,58].

Создание полиплоидов является эффективным способом получения высокоурожайных сортов растений, характеризующихся соматическим гетерозисом [59]. Шпинат является диплоидным видом (2n=12) [60]. Еще в 1962 году экспериментальным путём было доказано, что полиплоиды шпината превосходили диплоиды по таким характеристикам как, размер листа и количество сухого вещества [61]. Полиплоидные образцы характеризовались более поздним началом цветения, большим процентом однодомных и женских растений. Оработку метода получения полиплоидов провели иранские исследователи в 2017 году, они дали рекомендации по индуцированию полиплоидии колхицином, трифлураллином и оризалином [62].

Исторически массовый и повторный отбор, возвратное скрещивание были наиболее часто используемыми методами в селекции шпината. Интерес к получению гибридов стимулировал использование таких методов, как парное скрещивание отдельно пестичных и тычиночных растений. Явление реверсии пола способствовало повсеместному переходу на гибридную селекцию шпината и помогло снизить стоимость гибридных семян. Суть метода заключается в особенности женских растений шпината, у которых при цветении без опылителя индуцируется развитие тычиночных цветков. Несколько циклов процедуры самоопыления позволяют получать выровненные пестичные линии – компонент для гибридизации.

Селекция на скороспелость, устойчивость к раннему стрелкованию и урожайность, пригодность к машинной уборке успешно ведётся во многих странах. Большое внимание уделяют селекционеры и биохимическому составу шпината: созданию сортов с низкой степенью аккумуляции нитратов и оксалатов, высоким содержанием лютеина [63], фенольных элементов [64].

Коллекция шпината ВИР

По данным Европейского поискового каталога генетических ресурсов растений EURISCO [65] в генетических банках и институтах мира зарегистрировано 1488 образцов шпината (коллекция шпината ВИР в эту базу не включена). Наибольшее количество (427 образцов) содержится в Центре генетических ресурсов Нидерландов Wageningen. Коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова на сегодняшний день включает 744 образца шпината и является самой большой в мире (рис. 2). По видовому составу 91% коллекции ВИР представлен видом *S. oleracea* L., 8% – *S. turkestanica* Jlin. и 1% – *S. tetrandra* Stev. (рис. 3).

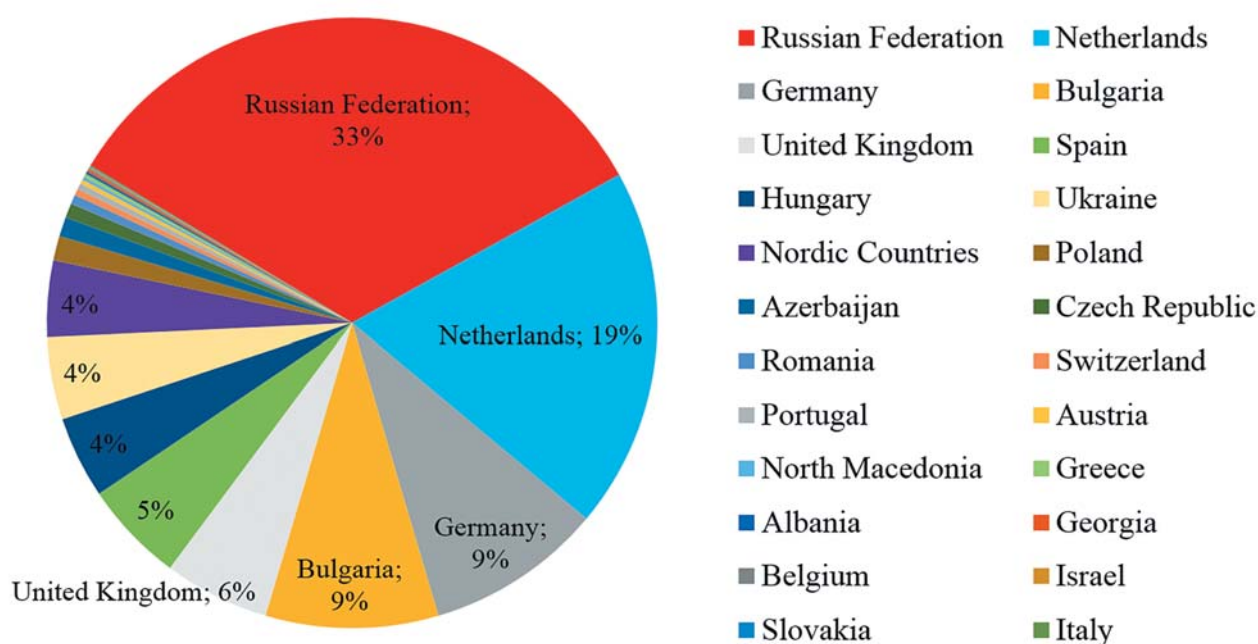


Рис. 2. Мировые коллекции зародышевой плазмы шпината
Fig. 2. World collections of spinach germplasm

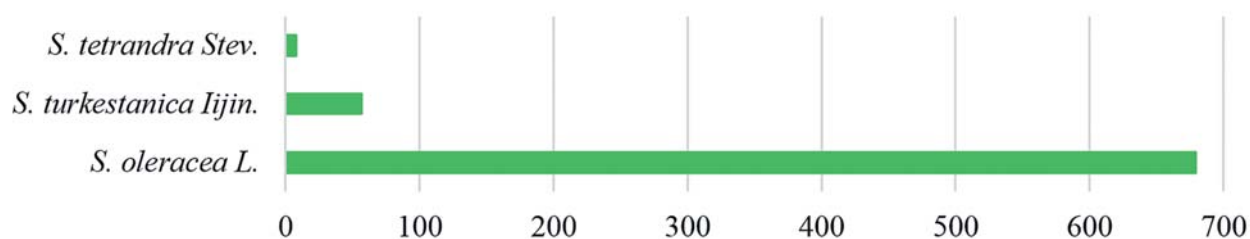


Рис. 3. Видовой состав шпината коллекции ВИР
Fig. 3. Species composition of spinach in the VIR collection

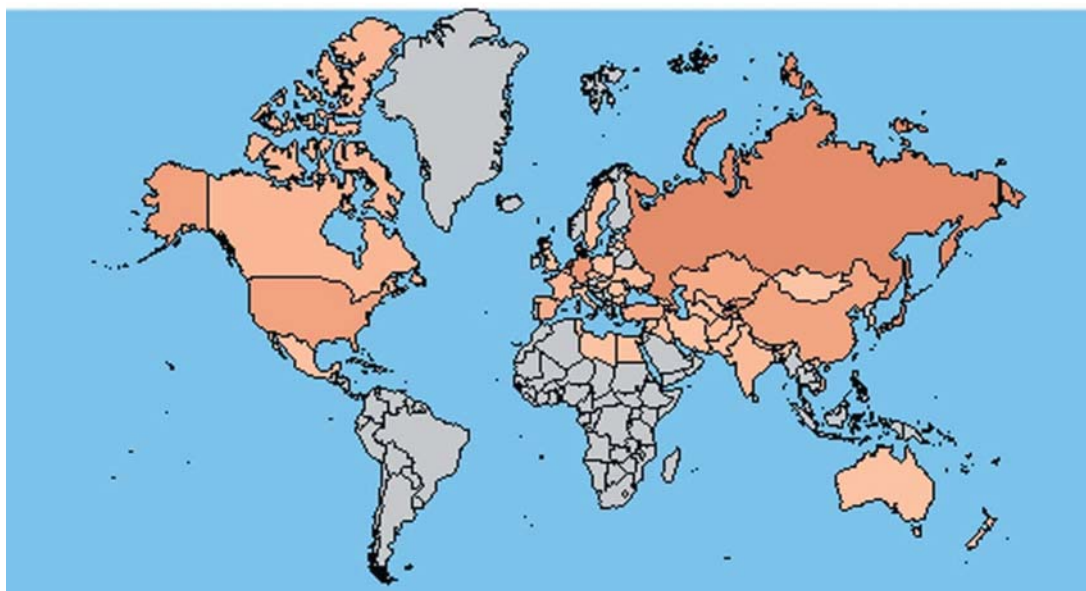


Fig. 4. Diversity of spinach origin countries in the VIR collection (shades of brown)

Происхождение образцов охватывает 49 стран (рис. 4). Наибольшее количество получено из Нидерландов, России и Японии. Первые сорта поступили в коллекцию в 1934 году от европейских компаний «Benary», «Haage & Schmidt», «Vilmorin», «Stenger & Rotter», «Sutton's», а также от ученых-селекционеров из Германии и Японии. В это же время в результате экспедиционных сборов коллекция начала попол-

няться местными популяциями Восточного подвида шпината из Афганистана и Малой Азии.

Дальнейшее пополнение коллекции происходило за счет экспедиционных сборов, материалов селекционных институтов и генетических банков, а также от частных селекционеров. Самый большой пик по включению новых образцов пришёлся на 2013-2014 года (рис. 5).

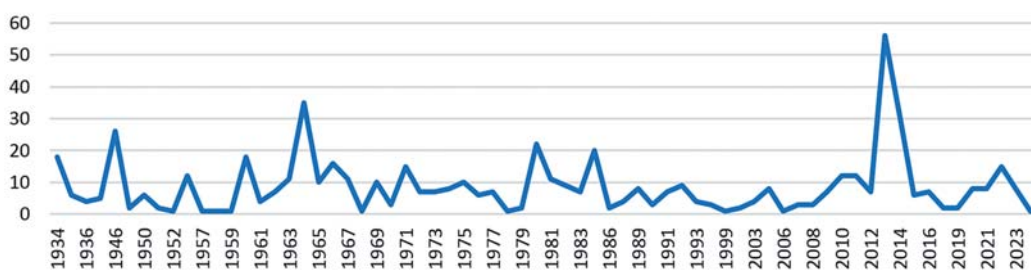


Рис. 5. Динамика пополнения коллекции шпината в ВИР по годам
Fig. 5. Dynamics of replenishment of the spinach collection at VIR by years

Сотрудник ВИР Гиренко М.М. на основании ботанической классификации, происхождения и анатомо-морфологических характеристик сгруппировала образцы коллекции шпината по разновидностям и сортотипам [30]. Восточный подвиж разделен ею на две разновидности: полукультурный (var. *subspontanea*) и раскидистый (var. *patula*), западный – на морщинистостлистный (var. *rugosa*) и пузырчатостлистный (var. *bullata*) (табл. 1). Внутри каж-

дой разновидности выделены сортоотипы. Данной классификацией ВИР пользуется при описании анатомо-морфологических характеристик образцов для их идентификации (рис. 6).

Изучение потенциала генетических ресурсов шпината имеет важное значение для создания «признаковых коллекций» в ВИР по наиболее ценным селекционным признакам.

Таблица 1. Классификация вида *Spinacia oleracea* L. по сортотипам (по Гиренко М.М. <https://www.gbif.org/species/3758247>)
Table 1. Classification of the species *Spinacia oleracea* L. by cultivar types (according to Girenko M.M.)

<i>Spinacia oleracea</i> L.				
Подвиды	Разновидности	Сортоотипы	Географическое происхождение	Образцы в коллекции ВИР*
ssp. <i>orientalis</i> Girenko	var. <i>subspontanea</i>	нет	Индия, Непал	к-528, к-529, к-544
	var. <i>patula</i>	Переднеазиатский цельнолистный	Турция, Болгария, Азербайджан. 'Ростовский' (к-41, Россия)	к-41, к-150, к-153, к-450, к-536
		Переднеазиатский рассеченолистный	Египет, Сирия, Ирак, Северо-Западная Индия	к-527, к-533, к-534, к-535, к-526, к-632
		Гуандунский	Китайские провинции Ляонин и Гуандун	к-481, к-537, к-538
		Восточно-Китайский	Восточные провинции Китая	к-467, к-485, к-482, к-518, к-540
		Синьцзянский	Северные провинции Китая	к-496, к-497, к-498, к-543, к-541, к-953
ssp. <i>occidentalis</i> Girenko	var. <i>rugosa</i>	Голландский	Западная Европа, Северная Америка	к-14, к-194, к-329, к-303, к-330, к-361, к-368, к-413, к-422, к-473, к-523, к-696, к-698, к-749, к-805, к-819, к-882, к-886
		Исполинский	Страны Северо-Западной Европы, США	к-391, к-447, к-470, к-466
		Нобель	Нидерланды, США	к-298, к-347, к-375, к-440, к-457, к-480, к-501, к-502, к-851, к-885
		Датский	Дания	к-372, к-471, к-716
		Лорелей	Нидерланды	к-461
	var. <i>bullata</i>	Северный	Страны Северо-Западной Европы, США, Канада	к-439, к-456, к-458, к-459, к-460, к-472, к-474, к-915, к-937, к-977, вк-470, вк-1074, вк-1070
		Блюмсдельский	Нидерланды, Северная Америка	к-2, к-351, к-358, к-437, к-438, к-500, к-514, к-515, к-708, к-712, к-833, к-531, к-532, вк-760
		Савойский	Нидерланды, Германия, Северная Америка	к-356, к-374, к-389, к-512, к-578, к-914
		Виктория	Страны Западной Европы	к-411, к-479, к-575, к-626, к-966, к-515, к-799

* приведены номера каталога шпината коллекции ВИР

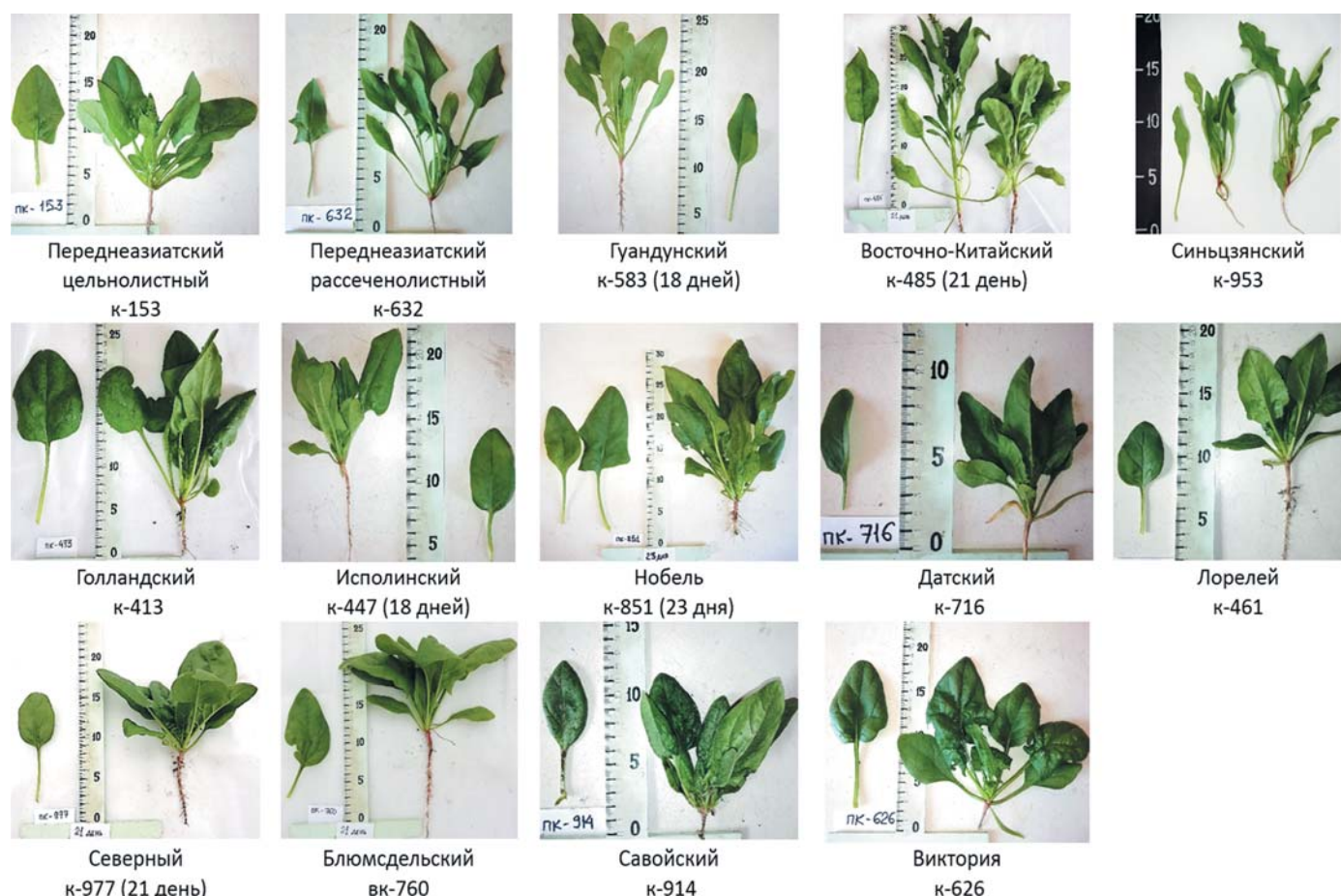


Рис. 6. Сортоотипы шпината разновидностей *var. patula*, *var. rugose* и *var. bullata* из коллекции ВИР (фото авторов)
Fig. 6. Types of spinach varieties of *var. patula*, *var. rugose* and *var. bullata* from the VIR Collection (photo by the authors)

Одним из направлений изучения является установление продолжительности фенофаз и выявлении различия между образцами. Местные сорта и популяции Восточного подвида характеризуются склонностью к раннему стрелкованию. В пределах Западного подвида также неустойчивостью к стрелкованию отличаются сортоотипы Голландский, Исполинский и Савойский. В целом, отмечены более устойчивы к израстанию сорта Западного подвида американского и европейского происхождения: сортоотипы Нобель, Датский, Северный и Блюмсдельский.

Изучение продуктивности культуры в трехлетних эколого-географических испытаниях проводится на опытных станциях ВИР в течение длительного времени. Оценка генотипов под влиянием различных абиотических факторов важна для выделения урожайных образцов для конкретных условий среды. В результате сформирована группа высокоурожайных образцов, определена их пластичность и широта ареала выращивания.

Холодостойкость шпината изучается в условиях Полярной опытной станции ВИР [66]. Выделены наиболее холодостойкие, скороспелые и урожайные образцы: 'Osnabrucker rundsamiger' (пк-522, Германия), 'Уличная тобья' (пк-524, Китай) и 'Таб-ндиб-нпо' (пк-538, Китай).

Оценка полового диморфизма в популяциях показала, что для генотипов Восточного подвида не характерны однодомные формы, которые чаще встречаются

среди Западного подвида. Испытание образцов при различных сроках посева выявило общую тенденцию: с уменьшением длины светового дня содержание в популяциях гиноэцичных фенотипов увеличивается (в среднем с 50 до 87%) [67]. Отмечены образцы с преобладанием женских типов растений в популяциях: 'Epinaud monstrueux' (к-843, Франция), 'Smarald' (к-723, Румыния), 'Муфлон F₁' (к-931, Россия) и 'Боа F₁' (к-932, Нидерланды).

Проведено сравнительно изучение биохимического состава листовой биомассы у образцов видов *S. oleracea* L. и *S. turkestanica* Iljin. [6]. Оценка биохимических показателей выявила значительное сходство двух видов по содержанию белка, пигментов, аскорбиновой кислоты, сухого вещества. Отмечена отрицательная корреляция содержания сахаров и белка. Определено, что антиоксидантная активность шпината детерминирована главным образом пигментным составом – хлорофиллами и каротиноидами, а также фенольными соединениями. Нами выявлены существенные различия между видами в содержании фенольных элементов, обуславливающих повышенную антиоксидантную и антирадикальную активность у вида *S. turkestanica*. Для селекции на высокое содержание фенольных элементов рекомендованы образцы 'Gb. 25784' (к-941, Нидерланды) вида *S. oleracea* (750,0 мг-экв ГК/100г) и образцы вида *S. turkestanica* Iljin. из Армении (вк-935) 656,5 мг-экв ГК/100г и Таджикистана – 604,3 мг-экв ГК/100г (к-942).

Закключение

Индустриальные способы производства сельскохозяйственной продукции требуют применения сортов и гибридов шпината, обладающих высокой урожайностью и рядом характеристик, обеспечивающих высокую экономическую эффективность.

Генетическое разнообразие культуры - потенциал для селекционного использования и активного изучения в свете современных знаний и технологий. Собранный в ВИР коллекция шпината, имеющая 90-летнюю историю, уникальна своим происхождением и разнообразием. В коллекции имеются генетические источники по большин-

ству известных генов, созданы признаковые группы по всем наиболее важным направлениям селекции. В результате многолетнего всестороннего изучения коллекции шпината выделены генотипы, рекомендуемые для включения в селекционные схемы.

Подытоживая обзор мировой Коллекции шпината ВИР, нужно подчеркнуть, что сохраняемый в институте разнообразный хорошо изученный генотип культуры способен предоставлять неограниченные возможности для селекции, что поможет обогатить рацион населения такой питательной и полезной листовой культурой, как шпинат.

• Литература /References

1. Roberts J.L., Moreau R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & Function*. 2016;7(8):3337–3353. <https://doi.org/10.1039/c6fo00051g>
2. Mukhanova Yu.I., Trebukhina K.A. Expand assortment. Potato and vegetables. 1987;1:23-25. (In Russ.)
3. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. Moscow: Russian seeds. 1994. (In Russ.)
4. Shivrina A.N. Biochemistry of spinach, sorrel, rhubarb. In the book: Biochemistry of vegetable crops. Moscow. 1961. p.304-324 [ed. by I. Ermakov, V. V. Arasimovich] https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_005943653/ (date of access: 14.01.2025)
5. Pokrovsky A.A. Chemical composition of food products. Moscow, 1976. P.76-77. (ed. by M.F. Nesterin, I.M. Skurikhin) https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_2234586/ (15.01.2025)
6. Sokolova D.V., Solovieva A.E. Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Iljin.: a comparative study. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):23-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-23-29>
7. Longnecker M.P., Newcomb P.A., Mittendorf R., Greenberg E.R., Willett W.C. Intake of carrots, spinach, and supplements containing vitamin A in relation to risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1997;6(11): 87–892.
8. Wang R., Furumoto T., Motoyama K., Okazaki K., Kondo A., Fukui H. Possible Antitumor Promoters in *Spinacia oleracea* (Spinach) and Comparison of their Contents among Cultivars. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2002;66(2):248–254. <https://doi.org/10.1271/bbb.66.248>
9. Kuriyama I., Musumi K., Yonezawa Y., Takemura M., Maeda N., Iijima H., ... Mizushima Y. Inhibitory effects of glycolipids fraction from spinach on mammalian DNA polymerase activity and human cancer cell proliferation. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2005;16(10):594–601. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.02.007>
10. Maeda N., Matsubara K., Yoshida H., Mizushima Y. Anti-cancer Effect of Spinach Glycolipids as Angiogenesis Inhibitors Based on the Selective Inhibition of DNA Polymerase Activity. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2011;11(1):32–38. <https://doi.org/10.2174/138955711793564042>
11. Sidorova Y.S., Petrov N.A., Shipelin V.A., Mazo V.K. Spinach and quinoa - prospective food sources of biologically active substances. *Voprosy Pitaniia*. 2020;89(2):100-106. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10020> (In Russ.)
12. Ryder E.J. Spinach. Leafy Salad Vegetables. 1979. 195–227. https://doi.org/10.1007/978-94-011-9699-4_6
13. Morelock T.E., Correll J.C. Spinach. In: Vegetables I. Handbook of plant breeding. (ed. by Prohens J., Nuez F.). Springer, New York. 2008. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_6
14. Bergquist S.Å.M., Gertsson U.E., Nordmark L.Y.G., Olsson M.E. Ascorbic Acid, Carotenoids, and Visual Quality of Baby Spinach as Affected by Shade Netting and Postharvest Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(21):8444–8451. <https://doi.org/10.1021/jf070396z>
15. Li L.H., Lee J.C.-Y., Leung H.H., Lam W.C., Fu Z., Lo A.C.Y. Lutein Supplementation for Eye Diseases. *Nutrients*. 2020;12(6):1721. <https://doi.org/10.3390/nu12061721>
16. Murray I.J., Makridaki M., van der Veen R.L.P., Carden D., Parry N.R.A., Berendschot T.T.J.M. Lutein Supplementation over a One-Year Period in Early AMD Might Have a Mild Beneficial Effect on Visual Acuity: The CLEAR Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2013;54(3):1781. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10715>
17. Manayi A., Abdollahi M., Raman T., Nabavi S.F., Habtemariam S., Daglia M., Nabavi S.M. Lutein and cataract: from bench to bedside. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2015;36(5):829–839. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1049510>
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (date of access: 14.01.2025)
19. Deleuran L.C. Innovation in vegetable seed production and the role of consumers in the organic and conventional babyleaf chains: The case of Denmark. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2010;26(02):149–160. <https://doi.org/10.1017/s1742170510000530>
20. State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. 2024. <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (date of access: 14.01.2025). (In Russ.)
21. Rubatzky V.E., Yamaguchi M. Spinach, Table Beets, and Other Vegetable Chenopods. In *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. Springer, 1997:457-473. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6015-9_21
22. Dekandol' A. Place of origin of cultivated plants: Translation from the 2nd fr. ed. with add. according to later sources. Dr. Chr. Gobi, prof. St. Petersburg. university (ed.). St. Petersburg: K. Ricker, 1885:96-98. (in Russian) https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003599056/ (date of access: 14.01.2025)
23. Hu J., Mou B., Vick B.A. Genetic diversity of 38 spinach (*Spinacia oleracea* L.) germplasm accessions and 10 commercial hybrids assessed by TRAP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2007;54(8):1667–1674. <https://doi.org/10.1007/s10722-006-9175-4>
24. Hallavant C., Ruas M.-P. The first archaeobotanical evidence of *Spinacia oleracea* L. (spinach) in late 12th–mid 13th century a.d. France. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2013;23(2):153–165. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0400-8>
25. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2003;141(4):399–436. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x>
26. Girenko M.M. Variability of plant sex in different varieties of spinach. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1962;35(1):74-78 (In Russ.)
27. Fujito S., Takahata S., Suzuki R., Hoshino Y., Ohmido N., Onodera Y. Evidence for a common origin of homomorphic and heteromorphic sex chromosomes in distinct *Spinacia* species. *Genes|Genomes|Genetics*. 2015;5:1663–1673. <https://doi.org/10.1534/g3.115.018671>
28. Xu C., Jiao C., Sun H., Cai X., Wang X., Ge C., ... Wang Q. Draft genome of spinach and transcriptome diversity of 120 *Spinacia* accessions. *Nature Communications*. 2017;8:15275. <https://doi.org/10.1038/ncomms15275>
29. Simoons F.J. Food in China. A Cultural and Historical Inquiry. CRC Press, Boston. 1990
30. Girenko M.M. Initial material for breeding of leafy green crops in the northwestern zone of the USSR (spinach, lettuce, dill) [dissertation]. Leningrad; 1965. <https://search.rsl.ru/ru/record/01000786532>
31. Shi A., Qin J., Mou B., Correll J., Weng Y., Brenner D., ... Ravelombola W. Genetic diversity and population structure analysis of spinach by single-nucleotide polymorphisms identified through genotyping-by-sequencing. *PLOS ONE*. 2017;12(11):e0188745. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188745>

32. Khattak J.Z.K., Torp A.M., Andersen S.B. A genetic linkage map of *Spinacia oleracea* and localization of a sex determination locus. *Euphytica*. 2006;148:311–318. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-9031-1>
33. Sneepe J. The present position of spinach breeding. *Euphytica*, 1958a;7(1):1–8. <https://doi.org/10.1007/bf00037858>
34. Komai F., Masuda K. Plasticity in sex expression of spinach (*Spinacia oleracea*) regenerated from root tissues. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 2004;78:285–287. <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000025665.74491.1e>
35. Pandey S.C., Kalloo G. Spinach. Genetic Improvement of Vegetable Crops. 1993;325–336. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-040826-2.50027-8>
36. Mikhov A.S., Alipieva M. Practical vegetable growing. Moscow. Kolos. 1980. (In Russ.)
37. Ribera A., Bai Y., Wolters A.-M. A., van Treuren R., Kik C. A review on the genetic resources, domestication and breeding history of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Euphytica*. 2020;216(3). <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02585-y>
38. Vilmorin-Andrieux. Description des Plantes Potage`res. Vilmorin Andrieux & Cie. 1855. Paris, pp. 127–130. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10250876/f5.item>
39. Vilmorin-Andrieux. Les Plantes Potage`res. Vilmorin Andrieux & Cie. 1883. Paris, pp. 202–206. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9641303z/f9.image.textel%20image>
40. Gibault G. Histoire des légumes. Paris: Librairie Horticole. 1912. pp 81–88. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6422705t/f5.item>
41. Smith L.B. Breeding mosaic resistant spinach and notes on malnutrition. *Bulletin. Virginia Truck Experiment Station*. 1920;31:137–160
42. Cook H.T., Nugent T.J., Paris G.K., Porter R.P. Fusarium wilt of spinach and the development of wilt resistant variety. *Va. Truck Exp. Sta*. 1947;110:1810–1820.
43. Sherbakoff C.D. Breeding for resistance to Fusarium and Verticillium wilts. *The Botanical Review*. 1949;15(6):377–422. <https://doi.org/10.1007/bf02861698>
44. Sneepe J. The breeding of hybrid varieties and the production of hybrid seed in spinach. *Euphytica*. 1958;7(2):119–122. <https://doi.org/10.1007/bf00035724>
45. Jones R.K. Occurrence of race 3 of *Peronospora effusa* on spinach in Texas and identification of sources of resistance. *Plant Disease*. 1982;66(1):1078. <https://doi.org/10.1094/PD-66-1078>
46. Thompson A.E. The extent of natural crossing in inbred monoecious spinach lines. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. 1954;64:405–09.
47. Thompson A.E. The extent of hybrid vigor in spinach. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. 1956;67:440–4.
48. Smith P.G., Zahara M.B. New spinach immune to mildew: hybrid variety developed by plant breeding program intended for use where Viroflay is adapted, produces comparable yield. *Hilgardia*. 1956;10(7):15–15.
49. Zink F.W., Smith P.G. A second physiological race of spinach downy mildew. *Plant Disease*. 1958;42:818.
50. Smith P.G., Webb R.E., Millett A.M., Luhn C.H. Downy mildew on spinach: a second race of fungus has been found on Califlay variety in the coastal valley area of California. *California Agriculture* 1961;15(10):5–5. <https://californiaagriculture.org/article/113287> (date of access: 14.01.2025)
51. Eenink A.H. Linkage in *Spinacia oleracea* L. of two racespecific genes for resistance to downy mildew *Peronospora farinosa* f. sp. *Spinaciae* Byford. *Euphytica* 1976;25:713–715. doi.org/10.1007/bf00041610
52. Jones R.K., Dainello F.J. Occurrence of race 3 of *Peronospora effusa* on spinach in Texas and identification of sources of resistance. *Plant Disease*. 1982;66:1078–1079. <https://doi.org/10.1094/PD-66-1078>
53. Correll J.C., Morelock T.E., Black M.C., Koike S.T., Brandenberger L.P., Dainello F.J. Economically important diseases of spinach. *Plant Disease*. 1994;78:653–660.
54. Feng C., Saito K., Liu B., Manley A., Kammeijer K., Mauzey S. J., ... Correll J. C. New Races and Novel Strains of the Spinach Downy Mildew Pathogen *Peronospora effusa*. *Plant Disease*. 2018;102(3):613–618. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-17-0781-re>
55. The International Spinach Database (ISDB), Available online: https://ecpgr.cgn.wur.nl/lvintro/spinach/con_spec.htm (date of access: 14.01.2025)
56. Van Treuren R., Coquin P., Lohwasser U. Genetic resources collections of leafy vegetables (lettuce, spinach, chicory, artichoke, asparagus, lamb's lettuce, rhubarb and rocket salad): composition and gaps. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2012;59(6):981–997. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9738-x>
57. Van Treuren R., de Groot L., Hisoriev H., Khassanov F., Farzaliyev V., Melyan G., Gabrielyan I., van Soest L., Tulmans C., Courand D., de Visser J., Kimura R., Boshoven J.C., Janda T., Goossens R., Verhoef M., Dijkstra J., Kik C. Acquisition and regeneration of *Spinacia turkestanica* and *S. tetrandra* Steven ex M. Bieb. to improve a spinach gene bank collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10722-019- 00792-8>
58. Qian W., Feng C.D., Zhang H.L., Liu W., Xu D.H., Correll J.C., Xu Z.S. First report of race diversity of the spinach downy mildew pathogen, *Peronospora effusa*, in China. *Plant Disease*. 2016;100:1248. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0847-PDN>
59. Sattler M.C., Carvalho C.R., Clarindo W.R. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*. 2015;243(2):281–296. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2450-x>
60. Ito M., Ohmido N., Akiyama Y., Fukui K., Koba T. Characterization of spinach chromosomes by condensation patterns and physical mapping of 5S and 45S rDNAs by FISH. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2000;125(1):59–62. <https://doi.org/10.21273/JASHS.125.1.59>
61. Bragdo M. Breeding of polyploid spinach. *Euphytica*. 1962;11:143–148 <https://doi.org/10.1007/BF00033786>
62. Roughani A., Miri S.M., Kashi A.K., Khiabani B.N. Increasing the ploidy level in spinach (*Spinacia oleracea* L.) using mitotic inhibitors. *Plant cell biotechnology and molecular biology*. 2017;18(3–4):124–130.
63. Murphy J.B., Morelock T.E. Spinach breeding program yields lines containing high levels of carotenoid antioxidants. In: Richardson M.D., Clark J.R. (eds) *Horticultural studies, research series*. 2000; 475. University of Arkansas, Fayetteville, pp 36–39.
64. Howard L.R., Pandjaitan N., Morelock T., Gil M.I. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Spinach As Affected by Genetics and Growing Season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(21):5891–5896. <https://doi.org/10.1021/jf020507o>
65. EURISCO. European Search Catalogue for Plant Genetic Resources. https://euriscope.ipk-gatersleben.de/apex/euriscope_ws/r/euriscope/cropsearchresult?p17_crop=spinach&p17_se=N (дата обращения 15.01.2025)
66. Sokolova D.V., Zaretsky A.M. Study of genetic resources of representatives of the amaranth family (Amaranthaceae Juss.) at the Polar Experimental Station of VIR. Abstracts of reports. Series "Northern agriculture. Issue 1". VIR. 2023. <https://doi.org/10.30901/978-5-907145-97-9> https://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/09/Severnoe-zemledelie_Ovoshnye-kultury_nauchnyj-seminar-v-ramkah-100-letiya-severnogo-zemledeliya-posvyashchennyj-90-letiyu-sodnya-rozhdeniya-L.-V.-Sazonovoj_2023.pdf (date of access: 14.01.2025) (In Russ.)
67. Kiselev E.G., Sokolova D.V. Study of the VIR spinach collection for early maturity and sex divergence in ontogenesis at different sowing dates in the conditions of the North-West region of the Russian Federation. Abstracts of the Conference "VIR - 130: Plant Genetic Resources". 2024. (In Russ.)

Об авторах:

Евгений Геннадьевич Киселев – аспирант Отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ВИР, <https://orcid.org/0009-0008-1164-6030>

Диана Викторовна Соколова – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции свеклы и амаранта, SPIN-код: 8790-1768, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, автор для переписки, dianasokol@bk.ru

About the Authors:

Evgenii G. Kiselev – Postgraduate Student of the Department of Genetic Resources of Vegetable and Melon Crops of VIR, <https://orcid.org/0009-0008-1164-6030>

Diana V. Sokolova – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Vegetable and Melon Crops, Curator of the Beet and Amaranth Collection, SPIN-code: 8790-1768, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, Corresponding Author, dianasokol@bk.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-45-53>
УДК: 635.21(089):631.526.32(470.32)

С.Н. Травина*

Полярная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
184200, Россия, Мурманская область,
г. Апатиты, ул. Козлова, д. 2

*Автор для переписки: swetusic@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания ВИР № 0481-2022-0004. Благодарности. Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Вклад автора: Травина С.Н.: концептуализация, методология, проведение исследования, ресурсы, создание рукописи и её редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Травина С.Н. Оценка сортов картофеля Республики Беларусь из дублетной мировой коллекции ВИР в Мурманской области. *Овощи России*. 2025;(2):45-53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-45-53>

Поступила в редакцию: 23.10.2024

Принята к печати: 16.01.2025

Опубликована: 15.04.2025

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

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

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

Authors' Contribution: Travina S.N.: conceptualization, methodology, investigation, resources, writing – review & editing.

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

For citation: Travina S.N. Evaluation of potato varieties from the Republic of Belarus from the doublet world collection of VIR in the Murmansk region. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):45-53. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-45-53>

Received: 23.10.2024

Accepted for publication: 16.01.2025

Published: 15.04.2025

Оценка сортов картофеля Республики Беларусь из дублетной мировой коллекции ВИР в Мурманской области

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность, материал и методика. Коллекция картофеля, представленная сортами из Республики Беларусь в количестве 40 образцов, была изучена в условиях Мурманской области. Изучение проводили с 2000 по 2023 годы, длительность изучения по образцам составила от 3 до 9 лет. Изучение образцов картофеля осуществляли согласно методическим указаниям по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля ВИР. Стандартами для раннеспелой группы послужили сорт Хибинский ранний и процент к стандарту среднего урожая по коллекции раннеспелых сортов; стандартом для среднеспелой группы был выбран сорт Имандра и процент к стандарту среднего урожая по коллекции среднеспелых сортов; для группы позднеспелых и поздних сортов в коллекции в качестве стандарта был использован процент к среднему урожаю по коллекции позднеспелых сортов, так как в регионе отсутствует стандарт для позднеспелых групп созревания.

Результаты. Фенология: ранние всходы в коллекции были отмечены не только у сортов раннеспелых групп созревания: Лазурит (к-11899), но и у сортов среднеспелой Ласунок (к-11285), и среднепоздней (позднеспелой) группы: Выток (к-11897), Скарб (к-11904), Лань (к-12086). Это свидетельствует о широкой адаптивности и пластичности данных сортов. Стадии бутонизации и цветения проходили стандартно. Первыми вступали в стадию раннеспелые сорта, потом сорта с более длительным периодом созревания. Хозяйственно ценные признаки: способностью накапливать ранний урожай на 60 день от посадки в группе раннеспелых сортов выделились 4 сорта: Архидея (к-11921), Лазурит (к-11899), Нептун (к-12107), Явар (к-11907); 2 сорта в среднеспелой группе: Гранат (к-11652), Скарб (к-11904); 2 сорта в среднепоздней (поздней) группе: Гарант (к-11923), Здабыток (к-12085). **Заключение.** Сортаобразцы Гранат (к-11652), Нептун (к-12107), Скарб (к-11904), Явар (к-11907) могут быть рекомендованы в качестве доноров раннеспелости, продуктивности и крупноклубности. Сорт Здабыток (к-12085) в условиях Севера проявил свойства раннеспелости, продуктивности, товарности и крахмалистости. Сорта 'Альпинист' (к-11920), Выток (к-11897) могут быть рекомендованы в качестве доноров крахмалистости, а также крупноклубности. Образцы Синтез (к-11666), Маг (к-12238) выделились по продуктивности и крахмалистости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

мировая коллекция картофеля, сорт, хозяйственно-ценные признаки, адаптивность, условия севера

Evaluation of potato varieties from the Republic of Belarus from the doublet world collection of VIR in the Murmansk region

ABSTRACT

Relevance, Materials and Methods. The potato collection, represented by varieties from the Republic of Belarus in the amount of 40 samples, was studied in the Murmansk region. The study was conducted from 2000 to 2023, the duration of the study according to the samples ranged from 3 to 9 years. The study of potato samples was carried out according to the methodological guidelines for the maintenance and study of the world potato collection in Russia. The standards for the early ripening group were the Hibinskiy ranniy variety and the percentage of the average yield standard for the collection of early ripening varieties; the Imandra variety and the percentage of the average yield standard for the collection of mid-season varieties were chosen as the standard for the mid-season group; for the group of late-ripening varieties in the collection, the percentage of the average yield for the collection of late-ripening varieties was used as a standard, since there is no standard for late-ripening ripening groups in the region.

Results. As a result of our study, we made the following conclusions: Phenology: Early shoots in the collection were noted not only in varieties of early ripening groups: Lazurit (k-11899), but also in varieties of medium-ripened Lasunok (k-11285), and the middle late (late maturing) groups: Vytok (k-11897), Skarb (k-11904), Lan (k-12086). This indicates the wide adaptability and plasticity of these varieties. The stages of budding and flowering were standard. Early-maturing varieties were the first to enter the stage, then varieties with a longer maturation period. Economically valuable signs: The ability to accumulate an early harvest on the 60 day from planting in the group of early-ripening varieties, 4 varieties were distinguished: Archideya (k-11921), Lazurit (k-11899), Neptun (k-12107), Yavar (k-11907); 2 varieties in the middle-ripening group: Granat (k-11652), Skarb (k-11904); 2 varieties in the middle-late (late) group: Garant (k-11923), Zdashyotok (k-12085). As a result of the work carried out, the following varieties were identified: Granat (k-11652), Neptun (k-12107), Skarb (k-11904), Yavar (k-11907) as donors of early maturity, productivity and large tuberosity. The variety Zdashyotok (k-12085) in the conditions of the North showed the properties of early maturity, productivity, marketability and starchiness. The varieties Alpinist (k-11920), Vytok (k-11897) can be recommended as donors of starchiness, as well as coarse tuberosity. The samples Sintez (k-11666), Mag (k-12238) stood out in terms of productivity and starchiness.

KEYWORDS:

world collection of potatoes, variety, economically valuable traits, adaptability, northern conditions

Введение

За Полярным Кругом осуществляется хранение и изучение коллекции генетических ресурсов картофеля. Коллекция служит потенциалом как для селекционного процесса, так и для всестороннего изучения [1,2,3,4,5] и реального использования в условиях производства [6]. Образцы картофеля ежегодно высаживаются в полевых условиях Мурманской области. Характерными особенностями вегетационного сезона являются: относительно низкие температуры воздуха, а также сильно сжатые во временном отношении рамки вегетационного сезона (не более 80-90 дней). К тому же абиотические условия могут резко изменяться в течение дня. Таким образом, Мурманская область представляет собой северную границу ареала возделывания сельскохозяйственных культур в европейской части России [7,8]. Растениям в экстремальных условиях для нормального роста необходимо обладать широким диапазоном адаптивности к основным абиотическим (температура, свет, осадки, влажность) факторам среды [9,10].

Объекты и методы

Данными для статьи послужили результаты, полученные на Полярной опытной станции ВИР с 2000 по 2023 год, а также метеорологические данные (среднесуточные температуры воздуха, осадки) за этот же период. В статье дается анализ по хозяйственно ценным признакам 40 образцов картофеля. Из них 11 сортов: Архидея (к-11921), Дельфин (к-11924), Дина (к-11925), Каприз (к-24621), Лазурит (к-11899), Лилея (к-24623), Нептун (к-12107), Одиссей (к-12087), Першацвет (к-25467), Талачински (к-25469), Явар (к-11907) относятся к раннеспелой группе созревания; 11 сортов: Гарантия (к-11923), 'Гранат' (к-11652), Дубрава (к-24622), Живица (к-11926), Колорит (к-24620), Криница (к-11991), Ласунок (к-11285), Росинка (к-11903), Скарб (к-11904), Талисман (к-12089), Янка (к-24829) к среднеспелой группе созревания.

Образцы: Акцент (к-12237), Альпинист (к-11920), Атлант (к-11922), Блазит (к-12152), Бригантина (к-12090), Верас (к-11650), Выток (к-11897), Гарант (к-11923), Журавинка (к-12106), Здабыток (к-12085), Купалинка (к-12155), Лань (к-12086), Маг (к-12238), Милавица (к-11909), Орбита (к-11296), Падарунак (к-12088), Синтез (к-11666), Сузорье (к-11992) к позднеспелым.

Таблица 1. Сумма активных температур воздуха ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) по годам
Table 1. Sum of active air temperatures ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) by year

год	Сумма активных температур					ГТК *
	июнь	июль	август	сумма	Кол-во дней	Г.Т. Селянинова
2000	246,6	449,3	328,6	1024,5	71	1,6
2001	341,4	446,5	246,5	1034,4	73	1,3
2002	271,7	469,5	209,8	951,0	69	2,0
2003	124,1	518,8	336,2	979,1	67	0,9
2004	203,4	521,6	256,9	981,9	64	2,1
2005	294,9	457,2	429,2	1181,3	82	1,6
2006	315,3	320,5	333,1	968,9	68	1,7
2007	140,6	422,5	360,1	923,2	65	2,4
2008	243,4	319,0	176,2	1024,5	53	1,8
2009	212,4	343,5	310,4	866,3	62	2,4
2010	148,3	488,6	231,0	867,9	57	2,0
2011	319,1	474,8	252,1	1046,0	73	1,7
2012	248,7	385,7	220,7	855,1	66	2,2
2013	369,2	465,5	418,0	1252,7	83	1,2
2014	179,5	493,1	356,8	1029,4	67	1,5
2015	162,1	225,2	223,5	610,8	57	3,9
2016	253,5	540,3	353,2	1147,0	74	2,6
2017	131,0	481,8	300,1	912,9	64	3,1
2018	200,9	586,4	384,5	1171,8	73	1,2
2019	267,6	275,4	243,0	786,0	60	2,9
2020	265,8	479,7	309,8	1055,3	80	1,4
2021	162,4	461,1	367,8	991,3	72	2,6
2022	311,1	516,8	429,4	1257,3	81	2,3
2023	269,2	419,9	409,6	1098,7	74	1,5

ГТК* - гидротермический коэффициент, предложенный Г.Т. Селяниновым

Таблица 2. Количество выпавших осадков по годам, мм»
Table 2. Amount of precipitation by year, mm

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма осадков	% к норме
2000	25,3	71,6	56,3	38,4	68,8	260,4	92,7
2001	21,8	5,5	88,4	40,4	22,7	178,8	63,6
2002	24,1	73,3	76,9	48,6	50,5	273,4	97,3
2003	59,0	9,5	46,2	37,8	62,5	215,0	76,5
2004	14,2	58,1	82,7	71,2	113,8	340,0	121,0
2005	74,2	33,3	78,8	72,6	135,8	394,7	140,5
2006	47,4	65,7	74,1	29,3	76	292,5	104,1
2007	35,7	80,6	79,2	63,5	48,0	307,0	109,3
2008	24,0	40,8	89,9	56,4	44,9	256,0	91,1
2009	35,8	39,2	90,5	79,9	67,5	312,9	111,4
2010	59,4	46,1	46,1	78,7	68,5	298,8	106,3
2011	50,9	31,9	84,9	63,6	22,9	254,2	90,5
2012	45,7	80,8	64,1	43,2	71,3	305,1	108,6
2013	38,4	56,4	44,1	52,5	20,3	211,7	75,3
2014	31,4	39,3	53,2	65,5	61,1	250,5	89,1
2015	42,3	109,2	81,8	49,7	53,7	336,7	119,8
2016	25,2	59,3	99,9	136,2	83,3	403,9	143,7
2017	24,7	74,6	85,0	121,6	44,4	350,3	124,7
2018	37,8	64,5	18,9	51,4	32,1	204,7	72,8
2019	29,0	111,0	35,0	83,0	48,0	306,0	108,9
2020	53,0	13,0	78,0	56,0	72,0	272,0	96,8
2021	40,0	111,0	38,0	111,0	69,4	369,4	131,5
2022	33,0	90,0	140,0	64,0	44,2	371,2	132,1
2023	23,0	19,0	49,0	100,0	96,0	287,0	102,1

Процесс изучения насчитывал от 3 до 9 лет. Метеорологические условия за время произрастания картофеля сильно варьировали (табл. 1, 2). Самыми теплыми были 2005, 2013, 2016, 2018, 2022 годы. Самым неблагоприятным – 2015 год. Сильно переувлажненными по годам были 2015, 2016, 2017, 2019, 2021. На что косвенно указывают и высокие значения ГТК Селянинова [11].

Наблюдение и оценка за образцами из коллекции проводилась на полях Полярной ОС филиала ВИР Апатиты, Мурманская область. Изучение сортов произведено согласно Методическим указаниям по изучению и поддержанию образцов мировой коллекции картофеля [12,13]. Стандартом для раннеспелых сортов был сорт Хибинский ранний (к-6928) и процент к стандарту среднего урожая по коллекции раннеспелых сортов; для среднеспелых сортов стандартом послужил сорт Имандра (к-1562) и процент к стандарту среднего урожая внутри среднеспелых сортов. Для позднеспелых сортов стандартом считался в окончательной уборке процент к среднему урожаю внутри позднеспелой группы, поскольку в регионе с коротким вегетационным периодом отсутствует сорт стандарт для сортов позднеспелых сроков созревания.

Для статистической обработки данных использован пакет статистики 8.0, а также надстройки в программе Excel Microsoft Word [14,15].

практически одновременно во всех группах спелости. На 13-14 день от посадки от раннеспелых сортов взошел образец Лазурит (к-11899), от среднеспелых – сорт Ласунок (к-11285); от позднеспелых – Выток (к-11897), Лань (к-12086), Скарб (к-11904). Первые всходы у стандарта Хибинский ранний (к-6928) наблюдали на 13 день, у стандарта Имандра (к-1562) на 15 день. Это еще раз подтверждает ранее установленный факт, что на прорастание сортов на Севере большее влияние оказывают агрометеорологические условия, в частности длинный полярный день, а не группа спелости [16, 17,18,19].

Первыми в стадию бутонизации вступили сорта раннеспелых и среднеспелых групп созревания. На 27 день от посадки бутоны наблюдали у образцов: Дельфин (к-11924), Каприз (к-24621), Лазурит (к-11899), Ласунок (к-11285). Группа среднепоздних (поздних) сортов начала образовывать бутоны на 31-32 день: Альпинист (к-11920), Гарант (к-11923). Самыми поздними бутонами на 41-43 день от посадки характеризовались сорта: 'Акцент' (к-12237), Атлант (к-11922), Милавица (к-11909). Первые соцветия появились на 39-40 день от посадки у раннеспелых сортообразцов Каприз (к-24621) и Ласунок (к-11285); у позднеспелых – на 45-49 день (сорта: Гарант (к-11923), Здабыток (к-12085), Альпинист (к-11920), Лань (к-12086)). Обильное цветение у раннеспелых и среднеспелых сортов началось на 46-49 день от посадки (Каприз (к-24621), Лазурит (к-11899), Ласунок (к-11285), Одиссей (к-12087)).

Через 1-3 дня после масштабного цветения раннеспелых сортов начали массово цвести сорта поздних сроков созревания. Так на 50-52 день от посадки массово зацве-

Результаты исследований Фенология

Начало прорастание сортов картофеля наблюдали

ли сорта Скарб (к-11904) и Здабыток (к-12085). Продолжительность периода от начала до массового цветения для раннеспелых образцов составило 6-8 дней; для среднеспелых от 3 до 6 дней; для позднеспелых 1-3 дня.

Хозяйственно-ценные признаки

Раннеспелость

Сорта раннеспелой группы созревания

Ранней отдачей урожая из коллекции выделились сорта: Архидея (к-11921), Лазурит (к-11899), Нептун (к-12107), Явар (к-11907) (рис. 1). Их продуктивность на 60 день от посадки составила: для сорта Архидея (к-11921) от 650 до 950 г/куст, с товарностью 92-97%; для сорта Нептун (к-12107) от 525 до 965 г/куст, с товарностью от 69% до 86%; для образца Явар (к-11907) – 585-855 г/куст, с товарностью 71-98%; для сорта Лазурит (к-11899) данные показатели имели большую вариабельность – от 300 до 1190 г/куст, товарность 65-78%. По отношению к Хибинскому раннему (к-6928) урожай этих сортов составлял 103-135%.

Сорта среднеспелого срока созревания

При сравнении с сортом Имандра высокий урожай на 60 день накопили сорта: Гранат, Дубрава, Живица, Криница, Ласунок и Скарб (рис. 2). По отношению к стандарту Хибинский ранний донорами раннеспелости в Мурманской области можно считать сорта: Гранат (к-11652) и Скарб (к-11904).

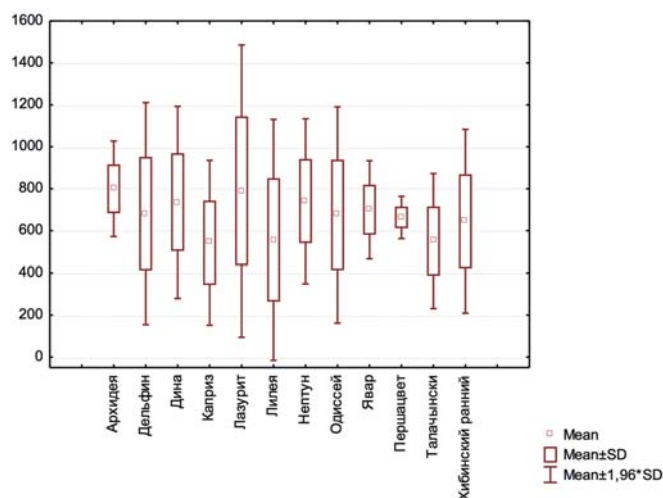


Рис. 1. Урожайность сортов раннеспелых сроков созревания на 60 день от посадки, г/куст
Fig. 1. Yield of early-maturing group varieties on the 60 day from planting, g/bush

Сорта поздних сроков созревания

На 60 день от посадки относительно сорта Хибинский ранний выделились Гарант (к-11923) и Здабыток (рис.3).

По отношению к среднему по коллекции высокий урожай при ранней копке набрали 'Атлант', 'Выток', 'Гарант', 'Здабыток' и 'Синтез' (рис. 4).

Окончательная уборка

Сорта раннеспелых сроков созревания

Средняя урожайность по коллекции у сортов данной группы составила 910 г/куст.

Сортообразцы Дина (к-11925), Лилея (к-24623), Явар (к-11907) были выделены по продуктивности

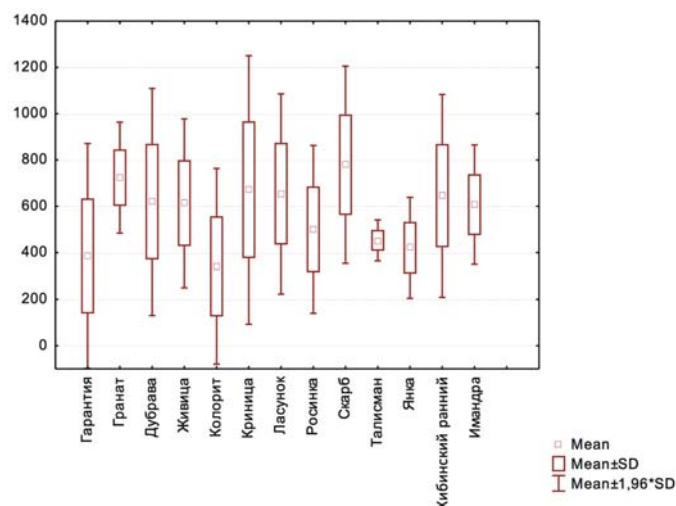


Рис. 2. Урожайность сортов среднеспелых сроков созревания на 60 день от посадки, г/куст
Fig. 2. Yield of varieties of the medium-ripened group on the 60 day from planting, g/bush

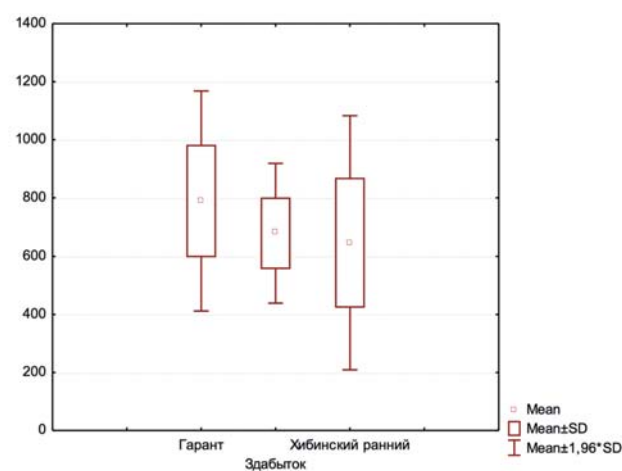


Рис. 3. Урожайность сортов поздних сроков созревания на 60 день от посадки, г/куст
Fig. 3. Yield of late-ripening group varieties on the 60 day from planting, g/bush

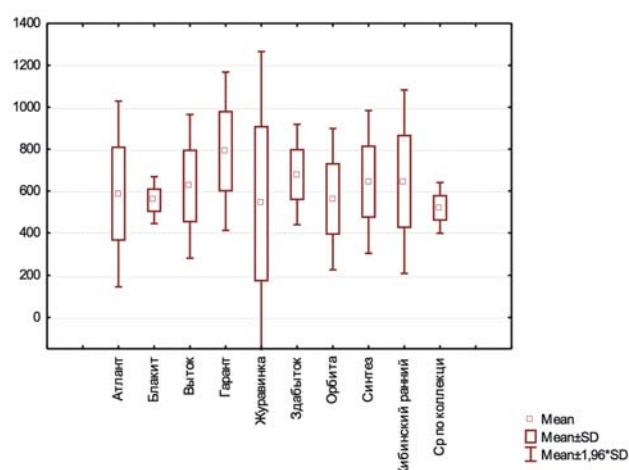


Рис. 4. Урожайность сортов поздних сроков созревания на 60 день от посадки по отношению к среднему по коллекции, г/куст
Fig. 4. Yield of late-ripening varieties on the 60 day from planting in relation to the average for the collection, g/bush

(табл. 3). Продуктивность вышеперечисленных образцов составила 1129; 978; 1189 г/куст. Товарная продуктивность этих сортов превысила стандарт Хибинский ранний на 18%, 2%, 24% соответственно или на 24%, 7%, 31% к среднему урожаю по коллекции. На уровне

стандарта накопили урожай Нептун (к-12107), Лазурит (к-11899), Одиссей (к-12087). Самый низкий урожай к окончательной уборке (55% к стандарту) был выделен у сорта Каприз (к-24621); самый высокий у сорта Явар (к-11907). В гнезде клонов раннеспелых сортов чаще встречались товарные клубни крупных и очень крупных фракций (от 102 до 154 г). Их количество варьировало от 4,3 шт. (сорт Нептун) до 10,0 шт. (сорт Дина). Сорт Явар, выделенный с максимальной урожайностью в данной группе, насчитывал в среднем в гнезде 8,4 клубней.

Сорта среднеспелых сроков созревания

Среднее по коллекции для этой группы сортов составило 755 г/куст

Стабильной высокой продуктивностью выделились Гранат (к-11652) и Скарб (к-11904). Урожай этих сортов превысил стандарт Имандра на 9% и 11% соответственно; или на 30%, 33% по отношению к среднему урожаю внутри среднеспелых сортов, с товарностью 92% (Скарб) и 90% (Гранат). При сравнении с сортом Хибинский ранний, урожай вышеперечисленных образ-

Таблица 3. Средние многолетние данные по результатам исследований по продуктивности, урожайности и крахмалистости для раннеспелой группы созревания
Table 3. Average long-term data on the results of studies on productivity, yield and starchiness for the early ripening group

Сорт	Каталог ВИР	Количество товарных клубней в гнезде, шт.	Продуктивность, г/куст общий	Средний вес товарного клубня, г.	Мелочь, %	Отношение урожая к стандарту Хибинский ранний, %	Отношение урожая к среднему урожаю по коллекции, %	Урожайность, кг/м ²	Крахмалистость, %
Хибинский ранний	к-6928	6,7	960,0	126,0	11,0		105	4,4	11,8
		2,0	380,0	70,0	2,6		41,7	1,7	8,2
		9,7	1279,0	198,0	29,0		140,4	5,7	14,7
		2,3	241,8	32,1	8,7		26,5	1,1	1,4
Архидея	к-11921	6,4*	775,0	113,0	8,0	81,0	85,0	3,5	15,3
		5,8**	712,0	102,0	3,0	74,2	78,1	3,2	13,6
		7,3***	825,0	135,0	12,0	86,0	90,5	3,7	16,4
		0,8****	53,0	14,8	3,9	5,5	5,8	0,2	1,2
Дельфин	к-11924	8,7	847,0	87,2	11,0	88,2	93,0	3,8	10,7
		7,6	719,0	73,0	8,0	74,9	78,9	3,2	9,8
		10,0	1075,0	95,0	14,0	112,0	118,0	4,8	11,5
		1,1	157,4	9,9	2,7	16,4	17,2	0,7	0,7
Дина	к-11925	10,0	1129,0	109,0	7,0	118,0	124,0	5,2	11,9
		6,8	906,0	84,0	5,0	94,3	99,5	4,7	10,5
		12,7	1350,0	148,0	9,0	140,7	148,2	6,1	13,2
		2,4	186,9	27,7	1,6	19,5	20,5	0,6	1,3
Каприз	к-24621	4,9	528,0	102,0	9,0	55,0	58,0	2,4	8,6
		4,3	313,0	45,0	2,5	32,6	34,4	1,4	7,6
		5,5	781,0	144,0	10,5	81,4	85,7	3,5	9,6
		0,6	196,1	42,0	0,9	20,4	21,5	0,9	0,9
Лазурит	к-11899	7,0	908,0	123,0	8,4	94,6	99,7	4,1	11,9
		5,0	588,0	59,0	1,0	61,3	64,5	2,6	8,0
		8,8	1094,0	180,0	32,0	114,0	120,1	4,9	14,2
		1,0	176,3	36,6	9,9	18,4	19,4	0,8	1,8
Лиля	к-24623	5,9	978,0	117,0	28,0	102,0	107,0	4,4	12,1
		3,0	867,0	103,0	15,0	90,3	95,2	3,9	10,0
		7,5	1138,0	120,0	46,0	118,5	125,0	5,1	15,4
		2,1	114,0	10,3	13,0	11,9	12,5	0,5	2,3
Нептун	к-12107	4,3	919,5	154,2	16,0	95,4	101,0	4,1	10,1
		4,0	438,0	83,0	10,0	45,6	48,1	2,0	8,4
		4,6	1340,0	186,0	20,0	139,6	147,1	6,0	12,9
		0,3	383,7	48,3	4,9	40,0	42,1	1,7	1,9
Одиссей	к-12087	7,7	925,0	118,0	8,0	96,0	101,0	4,1	11,2
		5,8	563,0	43,0	0,3	58,6	61,8	2,5	9,3
		9,7	1250,0	167,0	33,0	130,2	137,2	5,6	14,7
		1,6	227,0	46,1	11,5	23,7	25,0	1,0	1,7
Першавец	к-25467	5,5	934,0	165,0	3,0	97,0	103,0	4,1	15,0
		5,3	791,0	149,5	0,7	82,4	86,8	3,5	12,4
		5,7	1009,0	176,3	3,8	105,0	110,7	4,6	17,5
		0,3	123,8	14,0	1,5	12,9	13,6	0,6	3,6
Талачински	к-25469	6,0	760,0	86,0	31,0	79,0	83,0	3,3	10,9
		2,9	420,0	67,8	14,3	43,7	46,1	1,9	10,5
		9,3	1268,0	102,6	55,0	132,1	139,3	5,7	11,3
		3,2	448,6	17,5	21,2	46,7	49,3	2,0	0,6
Явар	к-11907	8,4	1189,0	128,0	4,0	124,0	131,0	5,4	9,3
		6,0	600,0	96,0	3,0	62,5	65,9	2,7	6,0
		10,1	1637,0	155,0	5,0	170,5	179,7	7,4	11,7
		1,8	440,2	25,6	0,8	45,9	48,3	2,0	2,4

*-Mean; **-Minimum; ***-Maximum; ****-Std.dev.

* - среднее; ** - минимум; *** - максимум; **** - стандартное отклонение

цов характеризовался как средний.

Сорт Янка (к-24829) имел урожай сопоставимый с стандартом Имандра, с товарностью 72%. Живица (к-11926), Ласунок (к-11285), Талисман (к-12089) накопили средний урожай. По отношению к сорту Имандра их продуктивность находилась на уровне 81-96%; или 82-97% к среднему урожаю по коллекции. При сравнении с сортом Хибинский ранний урожайность этих образ-

цов составляла всего 73-86%.

Товарные клубни всех рассматриваемых в группе сортов преимущественно относились к крупной фракции. Число их в гнезде варьировало в зависимости от сорта. Минимум 3,9 шт. (для сорта Колорит), максимум 9,1 (сорт Гранат) (табл. 4).

Сорта позднеспелых сроков созревания

На изучении находились 18 образцов. Средняя мно-

Таблица 4. Средние многолетние данные по результатам исследований по продуктивности, урожайности и крахмалистости для среднеспелой группы
Table 4. Average long-term data on the results of studies on productivity, yield and starchiness for the middle-aged group

Сорт	Каталог ВИР	Количество товарных клубней в гнезде, шт.	Продуктивность, г/куст общий	Средний вес товарного клубня, г	Мелочь, %	Отношение урожая к стандарту Хибинский ранний, %	Отношение урожая к стандарту Имандра, %	Отношение урожая к среднему урожаю по коллекции, %	Урожайность, кг/м ²	Крахмалистость, %
Имандра	к-1562	7,4 6,0 8,2 1,4	860,0 640,0 920,0 146,3	88,0 66,0 94,0 12,8	9,0 6,0 12,0 2,8	88,0 75,0 112,0 11,6		102,0 97,0 142,0 46,7	3,9 2,5 4,1 1,0	13,8 10,5 18,2 4,6
Гарантия	К-25463	5,8* 5,1*** 6,1**** 0,5****	722,0 567,5 803,8 134,0	110,0 95,0 120,0 13,8	11,0 9,1 14,0 2,5	75,0 59,0 83,0 13,9	83,0 66,0 94,5 15,6	100,0 78,6 111,3 18,5	3,2 2,5 3,6 0,6	12,1 11,9 12,2 0,6
Гранат	к-11652	9,1 8,3 10,0 0,8	941,0 831,0 1031,0 101,0	94,0 72,0 106,0 19,0	10,0 4,0 14,0 3,3	98,0 86,5 107,4 10,6	109,0 96,6 119,8 11,8	130,0 115,0 142,8 14,0	4,2 3,7 4,6 0,5	10,9 10,8 11,0 0,1
Дубрава	к-24622	7,2 5,8 8,4 1,3	812,5 386,3 1137,5 385,7	105,0 64,0 133,0 36,2	4,0 2,0 5,0 1,3	84,0 40,2 118,5 40,2	94,0 45,0 132,0 44,8	112,0 53,0 158,0 53,4	3,7 1,7 5,1 1,7	14,9 14,4 15,4 0,7
Живица	к-11926	6,4 3,5 9,8 2,7	697,0 619,0 825,0 96,8	110,0 74,0 161,0 38,2	9,0 6,0 13,0 2,9	73,0 64,5 86,0 10,0	81,0 72,0 96,0 11,3	97,0 86,0 114,0 11,3	3,1 2,8 3,7 0,4	12,3 10,2 13,9 1,5
Колорит	к-24620	3,9 3,3 4,5 0,6	350,0 244,0 473,0 114,0	71,0 66,0 78,0 5,9	17,0 9,0 26,0 8,5	36,0 25,3 49,2 11,9	41,0 28,0 55,0 13,3	48,0 33,0 65,0 15,8	1,5 1,0 2,1 1,3	16,9 13,2 18,5 3,4
Криница	к-11991	6,5 3,5 9,5 3,0	403,0 329,0 745,0 236,0	68,0 62,0 80,0 12,0	17,0 11,0 20,0 4,9	42,0 34,0 77,0 24,6	47,0 38,0 76,0 23,3	83,0 45,0 103,0 32,7	1,8 1,0 3,2 1,0	17,2 16,0 17,9 0,3
Ласунок	к-11285	7,2 5,3 9,1 1,2	823,0 463,0 1262,0 253,1	101,0 67,0 144,0 25,1	11,0 1,0 19,0 6,4	86,0 48,2 131,4 26,3	96,0 53,8 147,0 29,4	113,0 64,1 174,7 35,0	3,7 2,1 5,7 1,1	13,7 10,5 15,4 1,6
Росинка	к-11903	4,8 3,4 6,5 1,2	609,0 317,0 888,0 182,1	88,0 70,0 120,0 27,0	24,0 22,0 25,0 1,3	63,0 33,0 92,0 18,9	71,0 36,0 103,0 21,2	84,0 44,0 123,0 25,2	2,6 1,4 3,9 1,3	13,0 12,9 20,0 5,0
Скарб	к-11904	8,4 6,8 11,8 1,4	958,0 562,0 1637,0 313,1	100,0 64,0 138,0 24,3	8,0 4,0 15,0 3,3	100,0 58,5 170,5 32,6	111,0 65,0 190,0 36,4	133,0 78,0 226,0 43,3	4,3 2,5 7,4 1,4	10,8 7,6 14,7 2,1
Талисман	к-12089	6,2 5,0 7,8 1,2	790,0 400,0 1088,0 269,9	88,0 58,0 110,0 22,1	29,0 13,0 41,0 10,3	82,0 42,0 113,0 28,1	92,0 46,5 126,5 31,3	109,0 55,0 150,6 37,3	3,6 1,8 4,9 1,2	12,4 9,8 15,4 2,3
Янка	к-24829	5,7 5,5 5,9 0,1	872,0 731,0 1013,0 141,0	108,0 91,0 125,0 17,0	28,0 25,0 32,0 3,5	91,0 76,0 105,0 14,6	101,0 85,0 118,0 16,3	121,0 101,0 140,0 19,5	4,0 3,3 4,6 0,6	12,4 9,3 15,4 3,0

*-Mean; **-Minimum; ***-Maximum; ****-Std.dev.

* - среднее; ** - минимум; *** - максимум; **** - стандартное отклонение

Таблица 5. Средние многолетние данные по результатам исследований по продуктивности, урожайности и крахмалистости для позднеспелой группы
Table 5. Average long-term data on the results of studies on productivity, yield and starchiness for the late-maturing group

Сорт	Каталог ВИР	Количество товарных клубней в гнезде, шт.	Продуктивность, г/куст общий	Средний вес товарного клубня, г.	Мелочь, %	Отношение урожая к стандарту Хибинский ранний, %	Отношение к среднему урожаю по коллекции, %	Урожайность, кг/м ²	Крахмалистость, %
Акцент	к-12237	5,7	957,0	135,0	20,0	100,0	127,0	4,3	13,0
		4,8	713,0	104,0	10,0	74,0	94,0	3,2	10,5
		6,5	1200,0	165,0	29,0	125,0	159,0	5,4	15,4
		0,8	243,0	30,5	9,5	25,3	32,2	1,1	2,4
Альпинист	к-11920	5,3	514,0	91,0	8,0	54,0	68,0	2,3	15,0
		4,1	380,0	70,0	6,0	40,0	51,2	1,7	13,2
		6,5	612,0	106,0	12,0	63,0	81,0	2,7	16,7
		1,0	100,9	17,3	2,8	10,5	13,3	0,4	1,5
Атлант	к-11922	8,5	834,0	91,0	10,0	87,0	111,0	3,7	13,1
		5,8	612,0	67,0	2,0	63,0	81,0	2,7	10,5
		13,2	1275,0	114,0	20,0	133,0	168,0	5,7	16,9
		2,6	223,7	19,2	6,0	23,3	29,4	0,9	2,1
Блакит	к-12152	4,9	656,0	91,0	31,0	68,0	87,0	3,0	14,0
		4,1	563,0	53,0	23,0	58,0	74,5	2,5	11,5
		6,6	750,0	112,0	38,0	78,0	99,3	3,4	15,4
		1,1	89,1	27,1	6,2	9,2	11,8	0,4	1,7
Бригантина	к-12090	6,9	621,0	82,0	15,0	65,0	82,0	2,8	13,7
		4,0	362,0	62,0	4,0	37,7	48,0	1,6	12,4
		8,7	837,0	106,0	31,0	87,1	110,0	3,8	16,4
		1,8	160,2	13,0	3,4	16,7	21,1	0,7	1,4
Верас	к-11650	5,0	570,0	100,0	13,0	59,0	76,0	2,5	11,4
		3,3	356,0	88,0	7,0	37,0	47,0	1,6	8,7
		6,5	700,0	127,0	18,0	73,0	93,0	3,1	15,2
		1,2	154,0	18,0	4,6	16,0	20,4	0,6	2,7
Выток	к-11897	4,3	615,0	110,0	25,0	64,0	82,0	2,8	16,1
		2,0	463,0	81,0	3,0	48,0	61,3	2,1	11,3
		7,2	850,0	145,0	51,0	88,0	112,6	3,8	20,3
		1,6	129,2	17,5	18,0	13,4	17,1	0,5	3,1
Гарант	к-11923	5,2	688,0	113,0	16,0	72,0	91,0	3,1	9,8
		4,1	488,0	94,0	4,0	51,0	65,0	2,2	8,2
		6,4	850,0	137,0	21,0	88,0	113,0	3,8	12,7
		0,9	151,5	22,5	7,8	15,7	20,0	0,3	2,1
Журавинка	к-12106	11,0	1029,0	77,0	19,0	107,0	136,0	4,6	11,2
		7,8	525,0	43,0	6,0	54,7	70,0	2,4	10,5
		13,5	1259,0	98,0	31,0	131,0	167,0	5,7	12,9
		2,5	291,2	21,9	11,8	30,3	38,5	1,3	0,9
Здабыток	к-12085	6,1	979,0	135,0	8,0	102,0	130,0	4,4	17,3
		4,1	687,0	106,0	1,0	72,0	91,0	3,1	14,7
		8,8	1337,0	190,0	20,0	139,0	177,0	6,0	18,5
		1,6	244,4	26,6	6,0	25,4	32,4	1,0	1,3
Купалинка	к-12155	3,3	526,0	123,0	24,0	55,0	70,0	2,4	9,6
		2,3	313,0	65,0	4,0	32,6	41,4	1,4	8,2
		4,6	600,0	164,0	44,0	62,5	79,0	2,8	10,5
		0,9	141,6	42,4	17,7	14,7	18,7	0,6	1,1
Лань	к-12086	6,9	1082,0	102,0	15,0	113,0	143,0	3,8	11,4
		2,1	475,0	51,0	2,0	49,5	62,9	2,1	8,6
		12,2	2550,0	156,0	34,0	135,6	165,5	5,3	12,7
		3,5	693,3	37,4	37,4	32,2	52,2	1,2	1,6
Маг	к-12238	4,9	857,0	130,0	26,0	89,0	113	3,9	15,5
		4,6	738,0	105,0	25,0	77,0	97,0	3,3	12,9
		5,2	975,0	154,0	27,0	101,0	129,0	4,4	18,0
		0,3	68,4	14,1	0,5	12,3	15,6	0,5	2,5
Милавица	к-11909	3,8	599,0	140,0	3,0	62,0	79,0	2,7	13,8
		3,3	581,0	129,0	1,0	60,0	77,0	2,6	11,7
		4,0	617,0	148,0	5,0	64,0	82,0	2,8	15,9
		0,3	18,0	10,2	1,1	1,6	1,3	0,1	2,1
Орбита	к-11296	7,3	797,0	102,0	11,0	83,0	106,0	3,6	13,1
		6,3	700,0	91,0	10,0	73,0	93,0	3,1	11,5
		8,1	850,0	117,0	12,0	89,0	113,0	3,8	14,7
		0,7	69,3	10,8	1,1	3,6	9,1	0,3	1,4
Падарунак	к-12088	8,2	890,0	107,0	7,0	93,0	118,0	4,0	12,6
		6,0	500,0	55,0	1,0	52,0	66,0	2,3	10,7
		11,1	1212,0	161,0	14,0	96,0	140,0	5,4	15,4
		1,8	260,4	44,4	6,2	7,2	24,4	1,1	1,8
Синтез	к-11666	9,1	814,0	78,0	14,0	85,0	108,0	3,6	15,4
		8,9	637,0	58,0	5,0	66,0	84,0	2,8	11,5
		9,2	1137,0	115,0	24,0	108,0	130,0	4,8	17,5
		0,1	220,1	25,9	8,0	13,1	19,4	1,0	2,7
Сузорье	к-11992	7,5	714,0	86,0	9,0	74,0	95,0	3,2	14,0
		6,5	550,0	76,0	3,0	57,0	72,0	2,5	11,0
		8,9	890,0	89,0	12,0	93,0	118,0	4,0	16,7
		1,2	145,0	6,5	4,2	15,3	19,2	0,6	2,3

*-Mean; **-Minimum; ***- Maximum; ****-Std.dev.

* - среднее; ** - минимум; *** - максимум; **** - стандартное отклонение

голетняя продуктивность по коллекции 722 г/куст. Высокими параметрами по продуктивности и товарности отличались сорта: Акцент (к-12237), Журавинка (к-12106), Здабыток (к-12085), Лань (к-12086). Продуктивность вышеперечисленных образцов в окончательной уборке варьировала от 957 до 1082 г/куст, с товарностью 82-93% (табл. 5).

По отношению к стандарту Хибинский ранний (к-6928) урожай сортов Здабыток (к-12085), Лань (к-12086), Журавинка (к-12106) можно считать высоким; у образца Акцент (к-12237) – средним.

Сортообразцы: Акцент (к-12237), Атлант (к-11922), Журавинка (к-12106), Здабыток (к-12085), Лань (к-12086), Маг (к-12238), Одиссей (к-12087), Орбита (к-11296), Падарунак (к-12088) можно считать высокоурожайными при сравнении со средним уровнем по коллекции для позднеспелых сортов (табл. 5), с товарностью от 74% (сорт 'Маг') до 93% (Здабыток, Падарунак).

Средней фракцией клубней (массой от 40 до 90 г) характеризовались Блакит, Бригантина, Журавинка, Сузорье. Очень крупными клубнями (135-140 г) выделялись клоны сортов Акцент и Милавица. У оставшихся в группе сортообразцов масса товарных клубней варьировала от 91 до 130 г (табл. 5).

Наименьшее число клубней имели сорта, в урожае которых встречались преимущественно крупные и очень крупные клубни (например, Купалинка – 3,3 шт.; Милавица – 3,8 шт.). Сорта с клубнями более мелкой фракции добывали урожай за счет их большего числа (табл. 5). Максимум клубней в гнезде было получено у образцов Синтез (9,1 шт.) и Журавинка (11,0 шт.).

Крахмалистость

Раннеспелые и среднеспелые сорта

Среднее содержание крахмала было выявлено у сортов Першацивет (к-25467) (15,0%), Архидея (к-11921) (15,3%), Колорит (к-24620) (16,9%), Криница (к-11991) (17,2%). Все остальные сорта имели низкое (10,1-14,0%) или очень низкое (меньше 10%) значе-

ние полисахарида. Стандарт Хибинский ранний накопил в среднем 11,8% крахмала; сорт Имандра – 13,8%.

Среднепоздние и позднеспелые сорта

Альпинист (15,0%), Выток (16,1%), Здабыток (17,3%), Маг (15,5%), Синтез (15,4%) характеризовались средним содержанием крахмала (14,1-18,0%). Очень низким уровнем крахмалистости характеризовались клубни сортов: Купалинка (9,6%) и Гарант (9,8%). У оставшихся образцов в этой группе был накоплен низкий уровень крахмала (10,1-14,0%).

Таким образом, содержание крахмала зависит от группы спелости и климатических условий возделывания, на что указывают и авторы из других северных регионов [20,21].

Заключение

В условиях Заполярья закончено изучение 40 сортообразцов, представленных оригинатором Республика Беларусь. В результате проведенной работы были выделены сорта: Гранат (к-11652), Нептун (к-12107), Скарб (к-11904), Явар (к-11907) в качестве доноров раннеспелости, продуктивности и крупноклубневости. Сорт Здабыток (к-12085) в условиях Севера проявил свойства раннеспелости, продуктивности, товарности и крахмалистости. Альпинист (к-11920), Выток (к-11897) могут быть рекомендованы в качестве доноров крахмалистости, а также крупноклубневости. Образцы Синтез (к-11666), Маг (к-12238) выделились по продуктивности и крахмалистости.

• Литература

1. 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://elibrary.ru/asytgg>
2. Жигadlo Т.Э. Разнообразие сортов картофеля из Мировой коллекции ВИР в северных условиях. *Овощи России*. 2024;(3):30-35. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-30-35> <https://www.elibrary.ru/dyfhbh>
3. Костина Л.И., Косарева О.С., Трускинов Э.В., Кирпичева Т.В. Коллекция селекционных сортов картофеля – источник исходного материала для селекции на продуктивность, скороспелость, устойчивость к болезням и вредителям. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(2):50-56. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-50-56> <https://www.elibrary.ru/szkcui>
4. Жигadlo Т.Э. Оценка селекционных сортов картофеля по ценным агрономическим признакам в условиях Мурманской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(4):107-114. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-107-114> <https://www.elibrary.ru/vhmaaj>
5. Жигadlo Т.Э. Современные нематодоустойчивые сорта картофеля в условиях Севера. *Овощи России*. 2023;(5):102-105. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-102-105>

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

6. Симаков Е.А., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин Ал-р В., Гайзатулин А.С., Салюков С.С., Овечкин С.В., Семенов В.А. Селекция конкурентоспособных сортов картофеля для различного назначения. *Картофель и овощи*. 2023;(1):35-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.49.99.005> <https://www.elibrary.ru/bsdcpk>
7. Агроклиматический справочник по Мурманской области. Ленинград: Гидрометеиздат, 1961. 87 с.
8. Костюк В.И., Травина С.Н., Вихман М.И. Влияние солнечной активности, инсоляции, температуры воздуха и атмосферных осадков на продуктивность культурных растений в условиях Кольского Севера. Апатиты: Кольский научный центр РАН; 2013.
9. Фетодова Е.В., Маглинец Ю.А., Брежнев Р.В., Стародубцев А.И. Опыт прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием имитационных моделей. *Вестник КрасГАУ*. 2020;8(161):43-48. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-43-48> <https://www.elibrary.ru/bkxjlm>
10. Шабанов А.Э. Адаптивная способность новых и перспективных сортов картофеля отечественной селекции. *Картофель и овощи*. 2023;11:32–36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.56.84.002> <https://www.elibrary.ru/vhfrw>
11. Селянинов Г.Т. Мировой агроклиматический справочник.

М.: Гидрометеиздат, 1937. 419 с.

12. Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010.

13. Букасов С., Будин К., Камераз А., Лехнович В., Костина Л., Бавыко Н., Корнейчук В., Задина Й., Виднер И., Майор М., Бареш И., Одегал В., Баранек Н. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград: ВИР; 1984.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985. 301 с.

15. Алгоритмы биологической статистики: учебно-методическое пособие. Сост. С.П. Кожевников. Ижевск: издательский центр «Удмуртский университет»; 2018.

16. Травина С.Н., Жигадло Т.Э. Репродукционный потенциал образцов картофеля из коллекции ВИР в условиях Мурманской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(3):110-115.

<https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-110-115>

<https://elibrary.ru/laaivy>

17. Жигадло Т.Э., Травина С.Н. Характеристика образцов картофеля по биологическим и хозяйственно важным признакам в условиях Мурманской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(3):32-35.

<https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-32-35>

<https://elibrary.ru/wqrpuu>

18. Киру С.Д., Жигадло Т.Э., Новикова Л.Ю. Потенциал продуктивности раннеспелых сортов картофеля из коллекции ВИР в условиях Мурманской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(10):27-31. <https://elibrary.ru/wrmvvp>

19. Костюк В.И. Аккумуляция солнечной энергии картофелем в условиях Кольского полуострова. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1980;67(2):66-72.

20. Власенко Г.П. Оценка ранних и среднеранних сортов картофеля в условиях камчатского края. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020;4(56):12-16.

<https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-14042>

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

21. Логинов Ю.П., Казак А.А., Гайзатулин А.С. Урожайность и качество клубней сортов картофеля при выращивании в условиях органического земледелия. *Овощи России*. 2023;4(1):107-111.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-107-111>

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

• References

1. Travina S.N. Polar Experiment Station of VIR: the northernmost outpost 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> (in Russ.) <https://elibrary.ru/asytgg>

2. Zhigadlo T.E. A variety of potato cultivars from the VIR World Collection in northern conditions. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(3):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-30-35> <https://www.elibrary.ru/dyfbhh>

3. Kostina L.I., Kosareva O.S., Truskinov E.V., Kirpicheva T.V. The collection of potato varieties as a reserve of source material for breeding for high yield, earliness, and resistance to diseases and pests. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020;181(2):50-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-50-56> <https://www.elibrary.ru/szkcui>

4. Zhigadlo T.E. Evaluation of improved potato cultivars according to their agronomic traits under the conditions of Murmansk Province. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(4):107-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-107-114> <https://www.elibrary.ru/vhmaaj>

5. Zhigadlo T.E. Modern nematode-resistant varieties of potatoes in the conditions of the North. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(5):102-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-102-105>

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

6. Simakov E.A., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin A.V., Gaizatulin A.S., Salyukov S.S., Ovechkin S.V., Semenov V.A. Selection of competitive potato varieties for various purposes. *Potato and vegetables*. 2023;(1):35-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.49.99.005>

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

7. Agro-climatic guide to the Murmansk region. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1961. 87 p. (in Russ.)

8. Kostyuk V.I., Travina S.N., Vikhman M.I. The effect of solar activity, insolation, air temperature and atmospheric precipitation on crop productivity in the northern environments of the Kola Peninsula. *Apatity: Kola Science Center of the RAS*; 2013. (In Russ.)

9. Fedotova E.V., Maglinets Yu.A., Brezhnev R.V., Starodubtsev A.I. The experience in crop yields forecasting using simulation models. *Bulletin of KSAU*. 2020;8(161):43-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-43-48>

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

10. Shabanov A.E. Adaptive ability of new and promising potato varieties of domestic breeding. *Potato and vegetables*. 2023;(11):32-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.56.84.002>

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

11. Selyaninov G.T. World agro-climatic reference book. M.: Hydrometeoizdat, 1937. 419 p. (in Russ.)

12. 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.)

13. COMECON list of descriptors for potato species of the section *Tuberarium* (Dun.) Buk., genus *Solanum* L. Leningrad: VIR; 1984. (In Russ.)

14. Dospekhov B.A. Methodology of field trial [Metodika polevogo opyta]. Moscow: Agropromizdat; 1985. (In Russ.)

15. Algorithms of biological statistics: an educational and methodological guide. Comp. S.P. Kozhevnikov. Izhevsk: Udmurt University Publishing Center; 2018. (In Russ.)

16. Travina S.N., Zhigadlo T.E. Reproductive potential of potato accessions from the VIR collection in Murmansk Province. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):110-115. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-110-115>

<https://elibrary.ru/laaivy>

17. Zhigadlo T.E., Travina S.N. Characterization of potato accessions according to their biological and economically useful traits in the environments of Murmansk Province. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(3):32-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-32-35>

<https://elibrary.ru/wqrpuu>

18. Kiru S.D., Zhigadlo T.E., Novikova L.Y. Potential of productivity of early potato varieties from VIR collection under conditions of Murmansk region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(10):27-31. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wrmvvp>

19. Kostyuk V.I. The accumulation of solar energy by potatoes in the conditions of the Kola Peninsula. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1980;67(2):66-72. (In Russ.)

20. Vlasenko G.P. Assessment of early and mid-early varieties of potato on the kamchatka region. *Far eastern agricultural journal*. 2020;4(56):12-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-14042> <https://www.elibrary.ru/xqpvkr>

21. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Gayzatulin A.S. Yield and quality of potato tubers when grown in organic farming conditions. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):107-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-107-111>

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

Об авторе:

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

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-54-60>
УДК: 635.1/7:581.19

Ю.В. Фотев^{1,2*}, Е.П. Храмова¹,
А.Ф. Петров²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН (ЦСБС СО РАН), 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

*Автор для переписки: fotev_2009@mail.ru

Финансирование. Работа поддержана бюджетным проектом ЦСБС СО РАН АААА-А21-121011290027-6. Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность О.В. Чанкиной за проведение элементного анализа образцов методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА-СИ).

Вклад авторов: Фотев Ю.В.: Подготовка статьи, существенный вклад в замысел и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных. Храмова Е.П., ответственная за проведение биохимического анализа, методическое сопровождение. Петров А.Ф., ответственный за проведение биохимического анализа, методическое сопровождение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фотев Ю.В., Храмова Е.П., Петров А.Ф. Биохимические особенности новых для России овощных культур в связи с их нетрадиционным использованием. *Овощи России*. 2025;(2):54-60. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-54-60>

Поступила в редакцию: 21.01.2025
Принята к печати: 20.03.2025
Опубликована: 15.04.2025

Yury V. Fotev^{1,2*}, Elena P. Khramova¹,
Andrey F. Petrov²

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Central Siberian Botanical Garden SB RAS (CSBS SB RAS) 101, Zolotodolinskaya Str., Novosibirsk, Russia, 630090

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State Agrarian University" 160, Dobrolyubova Str., Novosibirsk, Russia, 630039

*Correspondence Author: fotev_2009@mail.ru

Funding. The work was supported by the budget project of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS АААА-А21-121011290027-6.

Acknowledgments. The authors express their deep gratitude to O.V. Chankina for performing elemental analysis of the samples using X-ray fluorescence analysis with synchrotron radiation (XRF-SR).

Authors' Contribution: Fotev Y.V.: Preparation of the article, significant contribution to the concept and design of the study, analysis and interpretation of data. Khramova E.P.: Responsible for conducting the biochemical analysis, methodological support. Petrov A.F.: Responsible for conducting the biochemical analysis, methodological support.

Conflict of interest. All authors declare that they have no conflicts of interest.

For citation: Fotev Yu.V., Khramova E.P., Petrov A.F. The biochemical properties of new for Russia vegetable crops in relation to their non-traditional use. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):54-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-54-60>

Received: 21.01.2025
Accepted for publication: 20.02.2025
Published: 15.04.2025

Биохимические особенности новых для России овощных культур в связи с их нетрадиционным использованием

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Новые для России овощные культуры (вигна, кивано, момордика и бенинказа), расширяя свой сортимент и завоевывая внимание потребителей, постепенно увеличивают свою значимость в растениеводческой отрасли страны. Исследование биохимической ценности не только плодов этих культур, но и ранее нетрадиционных для использования в пищу частей фитомассы (листья, воск) может не только более полно обосновать их потребительские качества, но также увеличить эффективность производства и повысить охват пищевых предпочтений потребителей такой продукции.

Цель исследования – рассмотреть с позиции питательной ценности возможность нетрадиционного использования в условиях Сибири новых для России овощных культур в качестве функциональных продуктов питания.

Материалы и методы. Использовали 7 сортообразцов вигны, кивано, момордики и бенинказы из «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ № USU 440534 ЦСБС СО РАН, растения которых выращивали в условиях пленочной необогреваемой теплицы (54°49'33" с. ш. 83°06'34" в. д.) в почвогрунте на основе верхового торфа из семян, репродуцированных ранее в этих же условиях. Использовали стандартные методы анализа содержания аскорбиновой кислоты, пектинов. Содержание макро- и микроэлементов в плодах (в мезокарпии и экзокарпии) определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), другими стандартными методами.

Результаты. В экзокарпии плодов кивано отмечено значительное, в 2-10 раз более высокое накопление Са (18 246 мкг/г), по сравнению с другими исследованными культурами. Установлено высокое содержание Fe в мезокарпии и, особенно, в воске плодов бенинказы – 141,6 и 473,2 мкг/г, соответственно. Количество аскорбиновой кислоты в листьях в 1,9-2,6 раза превышало этот же показатель в плодах. Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечено в листьях образцов вигны: Zinder – 98,35 мг% и сорта Юньнаньская – 91,18 мг%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

вигна, кивано, момордика, бенинказа, плоды, листья, биохимический анализ

The biochemical properties of new for Russia vegetable crops in relation to their non-traditional use

ABSTRACT

Relevance. New for Russia vegetable crops (vigna, kiwano, bitter melon and wax gourd), expanding their range and winning the attention of consumers, gradually increase their importance in the plant growing industry of the country. The study of the biochemical value of not only the fruits of these crops, but also previously non-traditional for food parts of the phytomass (leaves, wax on fruits) can not only more fully substantiate their consumer qualities, but also increase the efficiency of production and increase the coverage of food preferences of consumers of such products.

The aim of the study is to consider from a nutritional value position the possibility of non-traditional use in Siberia of new for Russia vegetable crops as functional food.

Materials and Methods. Seven varieties of vigna, kiwano, bitter melon and wax gourd from the "Collection of living plants in open and closed ground" UNU No. USU 440534 of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS were used. The plants were grown in an unheated film greenhouse (54°49'33" N 83°06'34" E) in soil based on high-moor peat from seeds reproduced earlier in the same conditions. Standard methods for analyzing the content of ascorbic acid and pectins were used. The content of macro- and microelements in fruits (mesocarp and exocarp) was determined by X-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation (XRF SR) and other standard methods.

Results. In the exocarp of kiwano fruits, a significant, 2-10 times higher accumulation of Ca (18,246 µg/g) was noted, compared to other studied crops. A high content of Fe was found in the mesocarp and, especially, in the wax of wax gourd fruits – 141.6 and 473.2 µg/g, respectively. The amount of ascorbic acid in the leaves was 1.9-2.6 times higher than the same indicator in the fruits. The highest content of ascorbic acid was noted in the leaves of vigna accessions: Zinder – 98.35 mg% and cv. Yunnanskaya – 91.18 mg%.

KEYWORDS:

vigna, kiwano, bitter melon, wax gourd, fruits, leaves, biochemical analysis

Введение

Особенностью рациона питания современного человека является значительное однообразие используемых для приготовления пищи видов растений по сравнению с более ранними периодами человеческой истории [1]. Тем не менее, в настоящее время в мире выращивается 402 овощные культуры, относящиеся к 69 семействам и 230 родам [2]. По другим данным [3], в мире насчитывается более 1200 видов овощных растений, относящихся к 78 семействам, из которых культивируют около 600 видов. В России ассортимент этих культур значительно уже. По некоторым оценкам [4], в России лишь 6 видов овощных культур (капуста, томат, огурец, морковь, свекла и лук репчатый) обеспечивают свыше 80 % продукции товарного овощеводства. По мнению А.В. Солдатенко с соавт. (2019) [5], «видовое разнообразие овощных растений в России практически не используется, однако за счет интродукции и селекции расширение их ассортимента в стране представляется возможным». Сужение ассортимента выращиваемых видов растений сопровождается также обеднением их биохимического состава. За рубежом данные за 50 лет показывают снижение содержания Са в группе из 16 овощных культур в среднем на 23%, Fe – на 27% [6]. По группе микроэлементов скорость снижения содержания достигают 0,2-0,3% в год. В Сибирском регионе из-за обеднения почв усиливается биогеохимическая проблема дефицита в продукции Co, Cu, Mn, Zn [7], что отражается и на содержании некоторых вторичных метаболитов, синтезируемых в растении при их участии. Констатируется, что среди населения России широко распространены различные отклонения в пищевом статусе, в числе которых дефицит витаминов и минералов [8]. Нехватка этих веществ не только приводит к физиологическим нарушениям, но и вносит свой вклад в клиническую картину других соматических заболеваний, а в ряде случаев сама служит причиной болезни.

Отмечается значительная внутривидовая и экологическая изменчивость по содержанию макро- и микроэлементов у образцов вигны (*Vigna unguiculata*) [9], витамина С, каротиноидов и ликопина у томата (*Lycopersicon esculentum*) [10]. Интродукция и селекция новых для России овощных культур и сортов, впервые включенных в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию – спаржевой вигны, кивано, момордики и бенинказы, способны сформировать для взыскательных потребителей «нишу» продукции с высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) [1; 11].

Использование новых (нетрадиционных) для России овощных культур может включать не только их «традиционное» с точки зрения региона/страны происхождения использование, например, только плодов, но и других частей растения, отличающихся высоким содержанием отдельных ФПИ. Так, данные, полученные Hall et al. [12] показали, что листья вигны и момордики содержат большое количество незаменимых аминокислот: лизина, лейцина и изолейцина, умеренное количество валина, треонина и фенилаланина и незначительное количество метионина и триптофана. В африканских странах листья вигны потребляют в качестве заменителя мяса [13].

У другой культуры – кивано, происходящей из Южной Африки, в Зимбабве помимо зрелых и незрелых плодов используют в пищу листья, которые моют и готовят как шпинат, а также используют для приготовления противовоспалительных компрессов [14]. Сообщается, что кивано рекомендуют в качестве лекарственного растения при сердечно-сосудистых заболеваниях, кроме того, обладающего антидиабетической, противоязвенной, антиоксидантной, противовоспалительной и антивирусной активностью [15]. Есть серьезные основания для исследования биоактивных пептидов и гидролизатов белка в семенах этой культуры, обладающих биофункциональной активностью [16]. В кожуре кивано, представляющей собой экзокарпий и часть мезокарпия плода, основными биоактивными соединениями являются флавоноиды и танины, но также обнаружены алкалоиды, стероиды и гликозиды [17]. Предлагается использование экстракта кожуры плодов кивано в качестве потенциального антиоксиданта и противогрибкового средства.

Резюмируя большой обзор по использованию бенинказы [18], его авторы констатировали, что эта культура используется в традиционной медицине Юго-Восточной Азии для лечения неврологических заболеваний, заболеваний почек, лихорадки и кашля, а также для борьбы с кишечными гельминтами. В Бангладеш, Индии и Непале в пищу помимо плодов употребляются в качестве зеленых овощей молодые побеги и листья растения [19]. Основные биоактивные соединения, содержащиеся в *Benincasa hispida*, – флавоноиды, алкалоиды, танины, сапонины и полифенолы обладают противовоспалительными, цитотоксическими и противораковыми свойствами [20]. Плоды многих сортов бенинказы в зрелом виде покрыты воском (см. рис. 1) в разной степени – от почти полного отсутствия до значительного (1,92 г/плод) как у сорта Акулина [21]. Химический состав его малоизучен. Известно, что в его составе в качестве основного компонента содержится редкий пентациклический тритерпен изомультифлоренол [22], обладающий высокой биологической активностью.

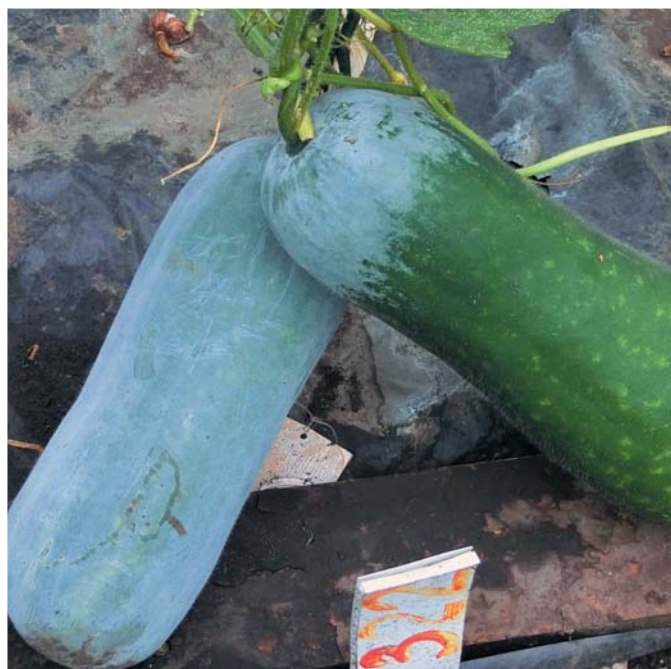


Рис. 1. Воск на поверхности плода бенинказы
Fig. 1. Wax on the surface of the wax gourd fruit

Цель работы – рассмотреть с позиции питательной ценности возможность нетрадиционного использования в условиях Сибири новых для России овощных культур в качестве функциональных продуктов питания.

Объекты и методы исследований

В качестве материала для исследования использовали образцы видов овощных растений из коллекций ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) и «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ № USU 440534 Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН), растения которых выращивали в условиях пленочной необогреваемой теплицы ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск (54°49'33" с. ш. 83°06'34" в. д.) из семян, репродуцированных ранее в этих же условиях.

В качестве объекта исследований использовали плоды, листья и семена спаржевой вигны (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *sesquipedalis* (L.) Verdc., cv. Сибирский размер, Юньнаньская), плоды и листья вигны «коровий горох» (*V. unguiculata* subsp. *unguiculata* (L.) Walp., cv. Красно-пестрая) и вигны «катыан» (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica* (L.) Verdc., Zinder), плоды кивано (*Cucumis metuliferus* E.Mey, cv. Зелёный дракон), момордики (*Momordica charantia* L., cv. Гоша), плоды и воск на поверхности плодов бенинказы (*Benincasa hispida* (Thunb) Cogn., cv. Акулина), пчелиный воск с местной пасеки. При определении видовой принадлежности образцов вигны использовали Международный классификатор видов рода *Vigna* Savi [23]. Для сравнения использовали также плоды сортов традиционных для России культур – томата сорта Дельта 264 и огурца F₁ Регина.

Растения выращивали на тепличном грунте, приготовленном на основе верхового торфа. Подкормки проводили один раз в три недели удобрением «Растворин» (марка 10-5-20-5) производства Буйского химического завода (<https://bhz.ru/>) по рекомендации к его использованию на овощных культурах.

Содержание макро- и микроэлементов в плодах (в мезокарпии и экзокарпии) определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа Сибирского Центра синхротронного и терагерцового излучения Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3, 2 ГэВ). Пробоподготовка включала высушивание и растирание образцов с формированием перед анализом спрессованной таблетки [24].

Массовую долю сухих веществ определяли по ГОСТ 33977-2016 термогравиметрическим методом. Массовую долю азота и белка определяли по ГОСТ 13496.4-93. Сущность метода заключается в разложении органического вещества пробы кипящей концентрированной серной кислотой с образованием солей аммония, переводе аммония в аммиак, отгонке его в раствор кислоты, количественном учете аммиака титриметрическим методом и расчете содержания азота в исследуемом материале.

При определении содержания Zn и Cu, а также Cd и Pb использовали инверсионно-вольтамперометрический метод по ГОСТ 33824-2016. Массовую долю Mg определяли по «Методике измерений массовой доли

катионов магния методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель" (М-04-65-2010). Массовую долю Fe измеряли атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 27998-88.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли по реакции Тильманса [25]. Для определения пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) использовали бескарбазольный спектрофотометрический метод, основанный на получении специфического желто-оранжевого окрашивания урсонных кислот с тимолом в сернокислой среде [26].

Статистическая обработка опытных данных выполнена стандартным способом с помощью программ статистических расчетов STATISTICA 12 и MINITAB 14.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты анализа овощных культур методом РФА СИ показали заметную разницу в накоплении элементов овощными культурами (см. таб. 1). Обращает на себя внимание повышенное, относительно плодов разных культур, накопление Fe, Mn, Cu воском на поверхности плода бенинказы, по некоторым элементам в несколько раз превышающее содержание в плодах разных культур, в том числе в мезокарпии бенинказы.

Отмечено повышенное в 2...29 раз, относительно других культур, накопление Mo плодами спаржевой вигны. Как известно, этот элемент входит в состав жизненно важных для организма молибденсодержащих ферментов, имеющих также важное значение для продвижения ряда терапевтических и диагностических стратегий при различных состояниях здоровья человека.

В нетрадиционном для использования в пищу экзокарпии плодов кивано отмечено значительное, в 2...10 раз более высокое накопление Ca, по сравнению с другими исследованными культурами. По содержанию Ca экзокарпии кивано оказался в 10 раз богаче этим элементом по сравнению с семенами фасоли (1700 мкг/г) [27] – его признанным источником среди растительных продуктов питания.

Содержание Mn в воске на поверхности плода бенинказы оказалось в 7...12 раз выше по сравнению с плодами огурца и томата. Аналогичное превышение над этими же культурами составило в плодах вигны 13...107% и момордики – 31...140%, соответственно. Установлено высокое содержание Fe в мезокарпии и, особенно, в воске плодов бенинказы – 141,6 и 473,2 мкг/г, соответственно, при содержании в плодах томата и огурца в 4 ... 12 раз меньше. Содержание Fe в мезокарпии плодов бенинказы в нашем исследовании оказалось на 40% выше, по сравнению с данными, полученными ранее в Юго-Восточной Азии [28], что, возможно связано с генотипическими отличиями образцов и эдафическими условиями.

В целом, по сравнению с плодами томата и огурца плоды спаржевой вигны, кивано, бенинказы и момордики содержали больше элементов из так называемого «кровотворного комплекса» (Co, Cu, Fe, Mn) [29].

Результаты кластеризации по сходству содержания элементов в фитомассе овощных культур с использованием метода Ward'a и расчетом евклидова расстояния

Таблица 1. Содержание макро- и микроэлементов в фитомассе вигны, кивано, момордики и бенинказы, определенное методом РФА СИ, мкг/г
 Table 1. Content of macro- and microelements in the phytomass of vigna, kiwano, bitter melon, and wax gourd, determined by the XRF SI method, µg/g

Культура	K	Ca	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Cr	Rb	Mo
Спаржевая вигна, сорт Сибирский размер (плоды)	18 290	4 046	16,2	50,2	0,03	1,9	36,5	20,4	3,1	5,47
Кивано (мезокарпий)	26 526	3 272	9,8	45,2	0,02	2,5	32,9	30,4	5,3	0,79
Кивано (экзокарпий)	38 315	18 246	11,3	51,8	0,03	3,1	46,3	23,1	5,7	1,90
Момордика (плоды)	22 150	1 876	18,7	51,8	0,04	5,4	57,6	20,2	4,0	0,98
Бенинказа (мезокарпий)	30 902	3 863	11,2	141,6	0,05	2,4	50,6	64,4	4,1	2,65
Бенинказа (воск на поверхности плода)	1592	4512	76,0	473,2	0,12	24,1	24,6	34,0	1,6	0,1
Пчелиный воск	52	92	2,5	126	0,15	2,2	2	5,0	–	–
Огурец, F1 Регина (плоды)	26 668	4 884	14,3	44,8	0,02	2,9	51,2	66,6	7,5	0,81
Томат, сорт Дельта 264 (плоды)	30 847	2 727	7,8	38,0	0,03	1,7	18,5	41,5	4,3	0,19
LLD, ppm, ср.знач.*	22	12	1	0,5	0,01	0,2	0,3	2	0,1	0,1
Суточная потребность, мкг/сутки [30]	3500 мг/сутки	1000 мг/сутки	2000	10000–18000	10	1000	12000	40	1500–5000 ¹	70

* LLD (Lower limit of detection) – нижний предел обнаружения элементов, ppm; ** – суточная потребность

показали возможность выделения 5-х кластеров по степени сходства (см. рис. 2). В I-й вошли вигна и момордика, во II-й – плоды кивано (мезокарпий) и плоды огурца; в III-й – бенинказа (мезокарпий) и плоды томата, в IV-й – кивано (экзокарпий) и в V – воск на поверхности плода бенинказы и пчелиный воск. Можно заметить, что нетрадиционные для использования в качестве пищевых продуктов экзокарпий плодов кивано, а также воск на поверхности плодов бенинказы и пчелиный воск сформировали отдельные кластеры, отражая, вероятно, присущий им химический состав/соотношение элементов.

Проведенный биохимический анализ листьев и плодов трех подвидов вигны показал значительную разницу в накоплении аскорбиновой кислоты (см. таб. 2). Количество аскорбиновой кислоты в листьях в 1,9 - 2,6 раза превышало этот же показатель в плодах. Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечено в листьях образца Zinder (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica*) (см. рис. 3) и сорта Юньнаньская (*V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis*). Содержание пектина и протопектина не имело четкой приуроченности к определенной части фитомассы. Максимальный выход водорастворимого пектина из листьев и плодов составлял 0,13 и 0,12 % соответственно. Наибольший выход протопектинов из листьев и плодов тех же образцов вигны составлял 1,71 и 1,57 %, соответственно.

Проведенный комплексный биохимический анализ содержания белка и элементный анализ плодов, листьев и семян вигны сорта Сибирский размер показал содержание и соотношение этих соединений в фитомассе (табл.

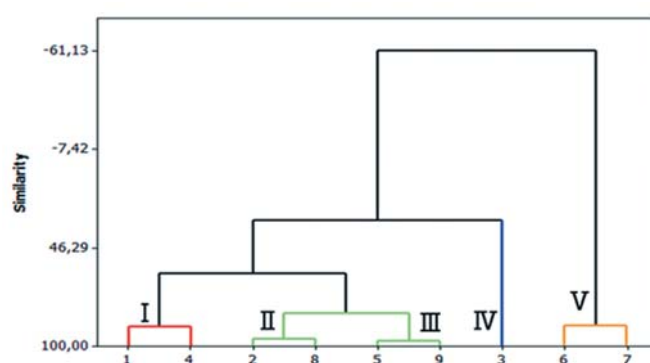


Рис. 2. Результаты кластерного анализа содержания элементов в фитомассе овощных культур с использованием метода Ward'a и расчетом Евклидова расстояния. 1. Спаржевая вигна, сорт Сибирский размер (плоды); 2 - Кивано (мезокарпий); 3. Кивано (экзокарпий); 4. Момордика (плоды); 5. Бенинказа (мезокарпий); 6. Бенинказа (воск на поверхности плода); 7. Пчелиный воск; 8. Огурец, F1 Регина (плоды); 9. Томат, сорт Дельта 264 (плоды). I - V – обозначения кластеров

Fig. 2. Results of cluster analysis of the content of elements in the phytomass of vegetable crops using Ward's method and calculation of the Euclidean distance

3). Самым высоким содержанием белка закономерно отличались семена (27,78%), однако листья этой культуры на 1/3 превосходили его содержание в плодах – 4,07 против 3,00%. Семена вигны содержали значительно больше Zn и Cu, по сравнению с листьями и плодами. Тем не менее, листья вигны превосходят плоды по содержанию Cu, накапливая одинаковое количество Zn. По содержанию железа листья в 4-5 раз уступали плодам и семенам.

¹ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). <https://upp.alregn.ru/pharmaceutical-industry/docs/inaya-poleznaya-informatsiya/MP%202.3.1.0253-21.pdf>

Таблица 2. Биохимический анализ листьев и плодов образцов вигны
Table 2. Biochemical analysis of vigna accessions leaves and fruits

Вид, подвид	Сорт, форма	Анализируемая часть фитомассы	Аскорбиновая к-та, мг%	Пектины, %	Протопектины, %
<i>V. ung. ssp. sesquip.</i>	Сибирский размер	листья	66,93	0,13	1,71
<i>V. ung. ssp. sesquip.</i>	Сибирский размер	плоды	34,58	0,11	0,83
<i>V. ung. ssp. sesquip.</i>	Юньнаньская	листья	91,18	0,10	0,97
<i>V. ung. ssp. sesquip.</i>	Юньнаньская	плоды	34,58	0,12	0,80
<i>V. ung. ssp. ung.</i>	Форма Красно-пестрая	листья	67,90	0,07	0,95
<i>V. ung. ssp. ung.</i>	Форма Красно-пестрая	плоды	25,59	0,07	1,02
<i>V. ung. ssp. cyl.</i>	Zinder	листья	98,35	0,09	0,97
<i>V. ung. ssp. cyl.</i>	Zinder	плоды	38,65	0,12	1,57

Примечание. *V. ung. ssp. sesquip.* = *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc., *V. ung. ssp. ung.* = *Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata* (L.) Walp., *V. ung. ssp. cyl.* = *Vigna unguiculata* ssp. *cylindrica* (L.) Verdc. Все показатели рассчитаны на сырую массу сырья



Рис. 3. Листья и плоды коллекционного образца Zinder (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica*)
Fig. 3. Leaves and fruits of collection accession Zinder (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica*)

Заключение

Исследованием установлено значительное, в 2...10 раз более высокое накопление Са в экзокарпии плодов кивано, по сравнению с другими исследованными культурами. Установлено высокое содержание Fe в мезокарпии и, особенно, в воске плодов бенинказы – 141,6 и 473,2 мкг/г, соответственно, при содержании в плодах томата и огурца в 4-12 раз меньше. Количество аскорбиновой кислоты в листьях в 1,9-2,6 раза превышало этот же показатель в плодах, при этом самое высокое содержание ее отмечено в листьях сортов Zinder (*V. unguiculata* ssp. *cylindrica*) и Юньнаньская (*V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis*). Нетрадиционные для использования в качестве пищевых продуктов экзокарпий плодов кивано, а также воск на поверхности плодов бенинказы и пчелиный воск, формируя по

Таблица 3. Содержание белка и элементный состав плодов, листьев и семян спаржевой вигны (сорт Сибирский размер)
Table 3. Protein content and elemental composition of fruits, leaves and seeds of vigna (Sibirsky Razmer variety)

Биохимический показатель	Ед. изм.	Содержание в фитомассе			Метод определения
		плоды	листья	семена	
Массовая доля сухих веществ	%	10,0±0,6	20,0±0,6	90,6±2,7	ГОСТ 33977-2016
Массовая доля белка	%	3,00±0,14	4,07±0,17	27,78±0,82	ГОСТ 13496.4-93
Массовая доля белка на сухое вещество	%	30,07±0,90	20,35±0,62	30,66±0,91	ГОСТ 13496.4-93
Массовая доля Zn	мг/кг	2,8±0,8	3,0±0,8	25,0±7,0	ГОСТ 33824-2016
Массовая доля Cu	мг/кг	0,0011±0,0004	0,34±0,11	2,1±0,7	ГОСТ 33824-2016
Массовая доля Mg	%	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	М-04-65-2010
Массовая доля Fe	мг/кг	1,1±0,20	0,25±0,05	1,3±0,6	ГОСТ 27998-88

химическому составу отдельные группы (кластеры), могут, вероятно, отражать сходный их химический состав/соотношение элементов. Разные количественные различия в накоплении элементов и соотношение между ними в ранее «нетрадиционных» частях фитомассы могут сформировать практическую возможность их использования в

качестве биодобавок к традиционным продуктам питания, формируя нишу обогащенных и функциональных продуктов питания. Расширение их списка за счет «нетрадиционных» частей фитомассы способно не только увеличить эффективность производства, но и повысить охват пищевых предпочтений потребителей такой продукции.

• Литература

1. Фотев Ю.В. К методике интродукции теплолюбивых овощных растений в Сибири. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018;(4):104-118. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-104-118>
<https://elibrary.ru/yrcjcx>
2. Kays S.J. Cultivated vegetables of the world: a multilingual onomasticon. Wageningen: Academic Pub.:2011. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-720-2/>
3. Мамедов М.И. Овощеводство в мире: производство основных овощных культур, тенденция развития за 1993-2013 годы по данным FAO. Овощи России. 2015;(2):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9>
<https://elibrary.ru/ucccif>
4. Силко Е.А., Гумеров В.Р., Карпов А.Н., Тарасенко Д.С. Динамика производства и потребления овощной продукции в России. Экономика сельского хозяйства России. 2014;(9):44-51. <https://elibrary.ru/socvez>
5. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Тареева М.М. Некоторые итоги и перспективы селекции овощных культур. Известия ФНЦО. 2019;(1):27-38. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-1-27-38>
<https://elibrary.ru/advrll>
6. Davis D.R., Epp M.D., Riordan H.D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. J. Am. Coll. Nutr. 2004;23(6):669-682. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719409>
7. Сысо А.И. Тяжелые металлы в окружающей среде: масштабы и степень угрозы растениям, животным и человеку. В кн.: Тяжелые металлы в окружающей среде. Материалы II Международной школы молодых ученых. Новосибирск: НГАУ. 2017. С. 224-241. <https://elibrary.ru/zuvhqz>
8. Дроздов В.Н. Рациональное возмещение дефицита витаминов и микроэлементов. Лечебное дело. 2009;(3):34-40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-vozmeshchenie-defitsita-vitaminov-i-mikroelementov> (дата обращения: 08.01.2025).
9. Фотев Ю.В., Шевчук О.М., Сысо А.И. Изучение вариабельности элементного состава семян сортообразцов *Vigna unguiculata* (L.) Walp. на юге Западной Сибири и в Крыму. Химия растительного сырья. 2021;(2):217-226. <https://doi.org/10.14258/jcprn.2021027543>
<https://www.elibrary.ru/pztznr>
10. Radzevičius A., Karklelienė R., Bobinas C., Viskelis P. Nutrition quality of different tomato cultivars. Zemdribyste. 2009;96(3):P.67-75.
11. Fotev Y., Artemyeva A. The concept of introduction and breeding of non-traditional vegetable plants in Siberia. BIO Web of Conferences. International Conferences "Northern Asia plant diversity: current trends in research and conservation", Novosibirsk. 6-12.09.2021. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213800034>
12. Hall N., Nagy S., Barry R. Leaves for food: protein and amino acid contents of leaves from 23 tropical and subtropical plants. Proceedings of the annual meeting: ub 15. 1976;88:486-490.
13. Mekonnen, T.W., Gerrano, A.S., Mbuma, N.W., Labuschagne, M.T. Breeding of vegetable cowpea for nutrition and climate resilience in Sub-Saharan Africa: progress, opportunities, and challenges. Plants. 2022;11:1583. <https://doi.org/10.3390/plants11121583>
14. Bester S., Condry G. *Cucumis metuliferus* E. Mey. ex Naudin. Flower Plants Afr. 2013;63:56-64.
15. Usman J.G., Sodipo O.A., Kwaghe A., Sandabe U.K. Uses of *Cucumis metuliferus*: a review. Cancer Biol Ther. 2015;5(1):24-34.
16. Vieira E., Grosso C., Rodrigues F., Moreira M., Fernandes V., Delerue-Matos C. Bioactive compounds of horned melon (*Cucumis metuliferus* E. Meyer ex Naudin). In: Bioactive compounds in underutilized vegetables and legumes, Reference Series in Phytochemistry. Eds.: H.N. Murthy, K.Y. Paek. Switzerland: Springer Nature AG. 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-57415-4_21.
17. Šeregelj V., Šovljanski O., Tumbas Šaponjac T.V., Vulić J., Četković G., Markov S., Čanadanović-Brunet J. Horned Melon (*Cucumis metuliferus* E. Meyer Ex. Naudin) – current knowledge on its phytochemicals, biological benefits, and potential applications. Processes. 2022;10:94. <https://doi.org/10.3390/pr10010094>.
18. Islam M.T., Quispe C, El-Kersh D.M., Shill M.C., Bhardwaj K., Bhardwaj P., Sharifi-Rad J., Martorell M., Hossain R., Al-Harrasi A., Al-Rawahi A., Butnariu M., Rotariu L.S., Suleria H., Taheri Y., Docea A.O., Calina D., Cho W.C. A Literature-Based Update on *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.: Traditional Uses, Nutraceutical, and Phytopharmacological Profiles. Oxid Med Cell Longev. 2021;10:6349041. <https://doi.org/10.1155/2021/6349041>
19. Zaini N.A.M., Anwar F., Hamid A.A., Saari N., Kundur [Benincasa hispida (Thunb.) Cogn.]: a potential source for valuable nutrients and functional foods. Food Res. Int. 2011;44:2368-2376.
20. Singh S., Gohil K.J., Singh M.P. Pharmacological update on *Benincasa hispida* (Thunb.): A review. Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine. 2024;100478. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2024.100478>
21. Фотев Ю.В., Белоусова В.П. Бенинказа. В кн.: Интродукция нетрадиционных плодово-ягодных и овощных растений в Западной Сибири. Новосибирск: Издательство «Гео». 2013:220-233.
22. Wollenweber E., Gaydou E.M. A rare triterpene as major constituent of the "wax" on fruits of *Benincasa hispida*. Indian drugs. 1991;28(10):1-3.
23. Бурляева М.О., Гуркина М.В., Чебукин П.А., Киселева Н.А. Международный классификатор видов рода *Vigna* Savy. СПб: ВИР. 2016.
24. Трунова В.А., Зверева В.В. Метод рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения: объекты исследования. Журнал структурной химии. 2016;57(7):1401-1407. <https://doi.org/10.15372/JSC20160705>
<https://www.elibrary.ru/wzviml>
25. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Агропромиздат. 1987.
26. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ. Труды Никитского ботанического сада. 1989;109:128-137.
27. Azizirram Z., Cheghamirza K., Zarei L., Beheshti-Alagha A. Chemical and morphological characteristics of common bean seed and evaluating genetic advance in commercial classes. Cellular and Molecular Biology. 2021;67(6):89-99. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2021.67.6.13>
28. Marr K., Xia Y.-M., Bhattarai N. Allozymic, Morphological, Phenological, Linguistic, Plant Use, and Nutritional Data of *Benincasa hispida* (Cucurbitaceae). Economic Botany. 2007;61:44-59. <https://doi.org/10.1663/0013-0001>
29. Круглов Д. С. Индивидуальная изменчивость элементного состава надземной части *Pulmonaria mollis* Hornem. Химия растительного сырья. 2010;1:131-136. <https://www.elibrary.ru/lrhjsh>
30. Барашков В.А., Копосова Т. С., Белых А. И., Лукина С.Ф., Морозова Л.В., Соколова Л.В. Химические элементы в организме человека: справочные материалы. Архангельск: Издательство Поморского государственного университета им. М. В. Ломоносова. 2001.

References

1. Fotev Y.V. On the methodology of introducing heat-loving vegetable plants in Siberia. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2018;(4):104-118. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-104-118> <https://elibrary.ru/yrcjcx> (in Russ.)
2. Kays S.J. Cultivated vegetables of the world: a multilingual onomasticon. Wageningen: Academic Pub.:2011. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-720-2/>
3. Mamedov M. I. Vegetable growing in the world: production of major vegetable crops, development trends for 1993-2013 according to FAO data. *Vegetable crops of Russia ("Ovoshchi Rossii")*. 2015;(2):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9> <https://elibrary.ru/ucccif> (in Russ.)
4. Silko E.A., Gumerov V.R., Karpov A.N., Tarasenko D.S. Dynamics of production and consumption of vegetable products in Russia. *Economics of Agriculture of Russia*. 2014;(9):44-51. (in Russ.) <https://elibrary.ru/socvez>
5. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Tareeva M.M. Some results and prospects of vegetable crop breeding. *News of Federal Scientific Vegetable Center (Izvestiya of FSVC)*. 2019; (1):27-38. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-1-27-38>. (in Russ.) <https://elibrary.ru/advrll>
6. Davis D.R., Epp M.D., Riordan H.D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *J. Am. Coll. Nutr.* 2004;23(6):669-682. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719409>
7. Syso A.I. Heavy metals in the environment: scale and degree of threat to plants, animals and humans. In: Heavy metals in the environment. *Proceedings of the II International School of Young Scientists*. Novosibirsk: NGAU. 2017. P. 224-241. <https://elibrary.ru/zuvhqz> (in Russ.)
8. Drozdov V.N. Rational compensation for deficiency of vitamins and microelements. *General medicine*. 2009;(3):34-40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-vozmeschenie-defitsita-vitaminov-i-mikroelementov> (date of access: 08.01.2025). (in Russ.)
9. Fotev Y.V., Shevchuk O.M., Syso A.I. Study of variability of elemental composition of seeds of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. accessions in the south of Western Siberia and in Crimea. *Chemistry of plant raw materials*. 2021;(2):217-226. <https://doi.org/10.14258/jcpwm.2021027543>. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/pztznr>
10. Radzevičius A., Karklelienė R., Bobinas C., Viskelis P. Nutrition quality of different tomato cultivars. *Zemdirbyste*. 2009;96(3):P.67-75.
11. Fotev Y., Artemyeva A. The concept of introduction and breeding of non-traditional vegetable plants in Siberia. BIO Web of Conferences. International Conferences "Northern Asia plant diversity: current trends in research and conservation", Novosibirsk. 6-12.09.2021. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213800034>
12. Hall N., Nagy S., Barry R. Leaves for food: protein and amino acid contents of leaves from 23 tropical and subtropical plants. *Proceedings of the annual meeting: ub 15*. 1976;88:486-490.
13. Mekonnen, T.W., Gerrano, A.S., Mbama, N.W., Labuschagne, M.T. Breeding of vegetable cowpea for nutrition and climate resilience in Sub-Saharan Africa: progress, opportunities, and challenges. *Plants*. 2022;11:1583. <https://doi.org/10.3390/plants11121583>
14. Bester S., Condry G. *Cucumis metuliferus* E. Mey. ex Naudin. *Flower Plants Afr.* 2013;63:56-64.
15. Usman J.G., Sodipo O.A., Kwaghe A., Sandabe U.K. Uses of *Cucumis metuliferus*: a review. *Cancer Biol Ther.* 2015;5(1):24-34.
16. Vieira E., Grosso C., Rodrigues F., Moreira M., Fernandes V., Delerue-Matos C. Bioactive compounds of horned melon (*Cucumis metuliferus* E. Meyer ex Naudin). In: Bioactive compounds in underutilized vegetables and legumes, Reference Series in Phytochemistry. Eds.: H.N. Murthy, K.Y. Paek. Switzerland: Springer Nature AG. 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-57415-4_21.
17. Šeregelj V., Šovljanski O., Tumbas Šaponjac T.V., Vulić J., Četković G., Markov S., Čanadanović-Brunet J. Horned Melon (*Cucumis metuliferus* E. Meyer Ex. Naudin) – current knowledge on its phytochemicals, biological benefits, and potential applications. *Processes*. 2022;10:94. <https://doi.org/10.3390/pr10010094>.
18. Islam M.T., Quispe C, El-Kersh D.M., Shill M.C., Bhardwaj K., Bhardwaj P., Sharifi-Rad J., Martorell M., Hossain R., Al-Harrasi A., Al-Rawahi A., Butnariu M., Rotariu L.S., Suleria H., Taheri Y., Docea A.O., Calina D., Cho W.C. A Literature-Based Update on *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.: Traditional Uses, Nutraceutical, and Phytopharmacological Profiles. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;10:6349041. <https://doi.org/10.1155/2021/6349041>
19. Zaini N.A.M., Anwar F., Hamid A.A., Saari N., Kundur [Benincasa hispida (Thunb.) Cogn.]: a potential source for valuable nutrients and functional foods. *Food Res. Int.* 2011;44:2368-2376.
20. Singh S., Gohil K.J., Singh M.P. Pharmacological update on *Benincasa hispida* (Thunb.): A review. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*. 2024;100478. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2024.100478>
21. Fotev Y.V., Belousova V.P. Benincasa. In: Introduction of non-traditional fruit, berry and vegetable plants in Western Siberia. Novosibirsk: Geo Publishing House. 2013: 220-233. (in Russ.)
22. Wollenweber E., Gaydou E.M. A rare triterpene as major constituent of the "wax" on fruits of *Benincasa hispida*. *Indian drugs*. 1991;28(10):1-3.
23. Burlyayeva M.O., Gurkina M.V., Chebukin P.A., Kiseleva N.A. International classifier of species of the genus *Vigna* Savv. St. Petersburg: VIR. 2016. (in Russ.)
24. Trunova V.A., Zvereva V.V. Method of X-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation: objects of study. *Journal of Structural Chemistry*. 2016;57(7):1401-1407. <https://doi.org/10.15372/JSC20160705> (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/wzvimi>
25. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., et al. Methods of biochemical study of plants. Leningrad: Agropromizdat. 1987. (in Russ.)
26. Kriventsov V.I. Carbazole-free method of quantitative spectrophotometric determination of pectin substances. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 1989;109:128-137. (in Russ.)
27. Aziziaran Z., Cheghamirza K., Zarei L., Beheshti-Alagha A. Chemical and morphological characteristics of common bean seed and evaluating genetic advance in commercial classes. *Cellular and Molecular Biology*. 2021;67(6):89-99. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2021.67.6.13>
28. Marr K., Xia Y.-M., Bhattarai N. Allozymic, Morphological, Phenological, Linguistic, Plant Use, and Nutritional Data of *Benincasa hispida* (Cucurbitaceae). *Economic Botany*. 2007;61:44-59. <https://doi.org/10.1663/0013-0001>
29. Kruglov D.S. Individual variability of the elemental composition of the aboveground part of *Pulmonaria mollis* Hornem. *Chemistry of plant raw materials*. 2010;1:131-136. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/lrhjsh>
30. Barashkov V.A., Koposova T.S., Belykh A.I., Lukina S.F., Morozova L.V., Sokolova L.V. Chemical elements in the human body: reference materials. Arkhangelsk: Publishing house of Pomor State University named after M.V. Lomonosov. 2001. (in Russ.)

Об авторах:

Юрий Валентинович Фотев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-0299-3689>, ID SCOPUS 57204771390, Researcher ID R-8406-2016, SPIN-код: 2741-5163, автор для переписки, fotev_2009@mail.ru

Елена Петровна Храмова – доктор биологических наук, SPIN-код: 8373-1260, elenakhramova2023@yandex.ru

Андрей Федорович Петров – доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-4521-9087>, SPIN-код: 4731-5977, petrov190378@mail.ru

About the Authors:

Yu. V. Fotev – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0299-3689>, ID SCOPUS 57204771390, Researcher ID R-8406-2016, SPIN-code: 2741-5163, Corresponding Author, fotev_2009@mail.ru

Elena P. Khramova – Dr. Sci. (Biology), SPIN-code: 8373-1260, elenakhramova2023@yandex.ru

Andrey F. Petrov – Dr. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0002-4521-9087>, SPIN-code: 4731-5977, petrov190378@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-61-69>
УДК: 633.88:615.32(048)

Jemal Kadu Hasan ^{1*},
Abera Seboka Yami ²

¹ Ethiopian Biodiversity Institute, Addis Ababa,
Ethiopia; Jimma Botanical Garden
Jimma, Ethiopia

² Ethiopian Institute of Agricultural Research,
Teppi Agricultural Research Center
Po. Box 34, Teppi, Ethiopia

*Corresponding Author: kadujemal@gmail.com

Authors' Contribution: Mr. Jemal Kadu Hasan has contributed in planning and prepares this review article by searching and adjusting literatures, organizing, writing, revising and editing. Mr. Abera Seboka Yami has contributed in grammatical check throughout this manuscript. The authors have read and agreed to publish this manuscript.

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

For citation: Hasan J.K., Yami A.S. Potential medicinal plants used in the treatment of COVID-19: a review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):61-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-61-69>

Received: 23.12.2024

Accepted for publication: 18.03.2025

Published: 15.04.2025

Джемал Каду Хасан ^{1*},
Абера Себока Ями ²

¹ Эфиопский институт биоразнообразия,
Аддис-Абеба, Эфиопия; Ботанический сад Джиммы
Джимма, Эфиопия

² Центр сельскохозяйственных исследований Теппи
Ро. Вох 34, Теппи, Эфиопия

*Автор-корреспондент: kadujemal@gmail.com

Вклад авторов: Джемал Каду Хасан: планирование и подготовка статьи путем поиска и корректировки литературы, организация, написание, редактирование рукописи. Абера Себока Ями: редактирование рукописи. Авторы прочитали и согласились опубликовать эту рукопись.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Hasan J.K., Yami A.S. Potential medicinal plants used in the treatment of COVID-19: a review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):61-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-61-69>

Поступила в редакцию: 23.12.2024

Принята к печати: 18.03.2025

Опубликована: 15.04.2025

Potential medicinal plants used in the treatment of COVID-19: a review

ABSTRACT

Novel coronavirus COVID-19 (SARS-CoV-2), the unexpected pandemic that been caused severe fright worldwide. It has presented the world with one of the most difficult global public health crises and the arrival of COVID-19 has kept the whole world on their toes. The spread of COVID-19 has become a health emergency and attention has been raised worldwide to design prevention and management strategy. Although several clinical trials are ongoing, no approved medications from Food and Drug Administration are available at a time, after while some preventative vaccines have been developed, manufactured and deployed depending on variant of COVID-19. As situation warrants for the exploration of a successful antiviral, there should be a search for the remedies in nature medicine. Medicinal plants and their metabolites have long been used as a treatment option for various life-threatening diseases with minimal side effects. Thus this review aims to summarize previous outcomes concerning the role of medicinal plants in treating several life-threatening diseases for the potential medicinal plants used in the case of COVID-19 treatment. Some of these includes Turmeric (*Curcuma longa* Linn.), Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Garlic (*Allium sativum* L.), and Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). These are important traditional herbal medicines to cure many complicated health ailments. However, further extensive researches and trials are suggested to discover the role of medicinal plants for management of the pandemic. Moreover, the use of potential medicinal plants for specific variant of COVID-19 and others life-threatening diseases has to be investigated.

KEYWORDS:

COVID-19, medicinal plants, pandemic, worldwide

Check for updates



Потенциальные лекарственные растения, используемые при лечении COVID-19. Обзор

РЕЗЮМЕ

Новый коронавирус COVID-19 (SARS-CoV-2), неожиданная пандемия, которая вызвала сильный испуг во всем мире. Вирус дал миру один из самых сложных глобальных кризисов общественного здравоохранения, а появление COVID-19 держало весь мир в напряжении. Распространение COVID-19 стало чрезвычайной ситуацией в области здравоохранения, и во всем мире было повышено внимание к разработке стратегии профилактики и лечения. Были разработаны, изготовлены и внедрены некоторые профилактические вакцины в зависимости от варианта COVID-19. Хотя некоторые клинические испытания продолжаются, поскольку ситуация требует исследования успешного противовирусного препарата, следует искать средства в природной медицине. Лекарственные растения и их метаболиты уже давно используются в качестве варианта лечения различных опасных для жизни заболеваний с минимальными побочными эффектами. Таким образом, этот обзор направлен на обобщение предыдущих результатов, касающихся роли лекарственных растений в лечении опасных для жизни заболеваний, в том числе потенциальных лекарственных растений, используемых в случае лечения COVID-19. Некоторые из них включают куркуму (*Curcuma longa* Linn.), черный тмин (*Nigella sativa* L.), чеснок (*Allium sativum* L.) и имбирь (*Zingiber officinale* Rosc.). Это важные традиционные растительные лекарственные средства для лечения многих сложных заболеваний. Однако предлагаются дальнейшие обширные исследования и испытания, чтобы выяснить роль лекарственных растений в борьбе с пандемией. Кроме того, необходимо изучить использование потенциальных лекарственных растений для лечения определенных вариантов COVID-19 и других опасных для жизни заболеваний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

COVID-19, лекарственные растения, пандемия

INTRODUCTION

Infectious diseases are one of the leading causes of morbidity and mortality around the world. Ebola, SARS-CoV (severe acute respiratory syndrome coronavirus), MERS-CoV (middle east respiratory syndrome coronavirus), Malaria, AIDS (Acquired immuno-deficiency syndrome), influenza, tuberculosis, and most recently coronavirus COVID-19 are among the major infectious diseases that have killed a large number of people worldwide as epidemics or pandemics [1]. These diseases have inflicted a heavy socioeconomic burden on the people of the world, despite enormous efforts to control them at both local and international levels.

Coronavirus disease 2019 (COVID-19), a highly contagious viral illness caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), the unexpected pandemic that caused fear among people worldwide and has presented the world with one of the most difficult global public health crises. The arrival of COVID-19 has kept the whole world on their toes and all countries are maximizing their efforts to fight the virus and minimize infection [2]. In the race to contain this highly contagious coronavirus that rapidly spread through direct (sneeze or cough droplets in the air) and indirect transmissions (nasal, and oral mucosal excretions on surfaces), various strategies are being implemented from social distancing, selective mask using, sanitizer, quarantine and lockdown were established to avoid social interactive, testing and tracing to research and development of drugs and vaccines [3, 4]. Even if several clinical trials underway, there are no approved medications from Food and Drug Administration are available at a time. After while some vaccines have been developed, manufactured and deployed to combat this pandemic, but delivery remains a barrier, particularly in underdeveloped or developing nations [5]. Due to the urgency of the situation, some investigations focuses on the repurposing possibilities of already existing antiviral medications and the exploration of various complementary traditional medicines for prevention and treatment of COVID-19 [6, 7]. Particularly traditional herbal medicines are being extensively explored as potential COVID-19 management medication with fair share of applause and criticisms [8]. Some investigators have returned to plant-based medicinal approaches as a result of the lack of specific, viable treatments for SARSCoV-2. This is due to numerous medications are derived from plant materials or their bioactive herbal ingredients [9]. The Chinese National Health Commission has approved various commendations on the herbal therapy and allowed the use of herb-based medications in conjunction with Western medicine as an alternative treatment for COVID-19 [9, 10].

Traditional natural medicine are effectively used in treating and managing various diseases for over hundreds and thousands of years for it contains phytochemical compounds that exhibit anti-bacterial, antiviral, immuno-modulatory, anti-cancer, and anti-inflammatory properties [11, 12], and its efficacy and effectiveness have been further confirmed scientifically through several studies. Even if natural products are a major source of inspiration for modern drug discovery and development, the traditional medicinal practices began getting shadowed over time and even became extinct in some cases with the advent of new technologies for modern drug development for their ease of production,

standardization, quality control, and quick effects. Even so, there is still a significant reliance on complementary medicine, particularly in developing nations, on natural products or traditional medicine [13]. The traditional natural medicines are important to treat many complicated health ailments from the past experience and present evidence for their low cost, fewer side effects, and accessibility [14, 4].

The aim of this review is to highlight for the roles and potential medicinal plants that used in the case of COVID-19 treatment. Some of these are Turmeric (*Curcuma longa* Linn.), Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Garlic (*Allium sativum* L.), and Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). The constituents presented in medicinal plants possess excellent metabolic properties, including significant antiviral and antimicrobial potential. Therefore, undoubtedly these medicinal plants are used in reducing the suffering from illness through the COVID-19 in boosting immunity and a need for possible management option against COVID-19.

MEDICINAL PLANTS AND ITS POTENTIALS TO TREAT COVID-19

Exploration of natural medicinal plants

Traditional natural medicine has a long history of treating and managing various infectious diseases. Traditional medicine is the “sum total of the knowledge, skills, and practices based on the theories, beliefs, and experiences indigenous to different cultures, whether explicable or not, used in the maintenance of health as well as in the prevention, diagnosis, improvement, or treatment of physical and mental illness” [15]. Since traditional medicine has been used safely and effectively for hundreds of years to treat a wide range of illnesses, developing nations rely on it for alternative healthcare facilities [16]. The primary health care system's traditional medication is still the most effective and straightforward form of treatment in underprivileged areas [17]. Several species of medicinal plants are widely used as a medical mediator to treat a variety of communicable diseases worldwide. Collectively, about ¼ of existing approved medications have been derived from sources of botanical origins [18].

Natural products are a rich source of medicinally active ingredients that have been used for centuries to treat and prevent a wide range of illnesses. Medicinal plants are essential sources of new pharmaceutical targets, because of their inexhaustible array of relevant molecular entities like secondary metabolites, enzymes and skeletons [19, 20]. Medicinal plants are effective against a multitude of diseases because of it contains phytochemical compounds that exhibit anti-bacterial, antiviral, immuno-modulatory, anti-cancer, and anti-inflammatory properties [11, 12].

Traditional and complementary medicine (TCM) has regained momentum into the “mainstream” medicine and incorporated in the national policies of 96 WHO member states [21] were in line with traditional natural medicinal practices such as indigenous traditional medicine as it became extinct over time. African traditional natural medicines are very older and highly dependent on cultural, religious, and spiritual belief; and still in existence even after the introduction of science-based medicine by the Europeans [22].

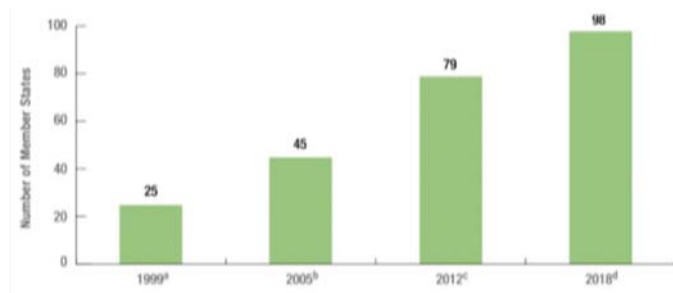


Figure 1. Growth in the number of member states with a national policy on traditional and complementary medicine in 1999-2018 [21]

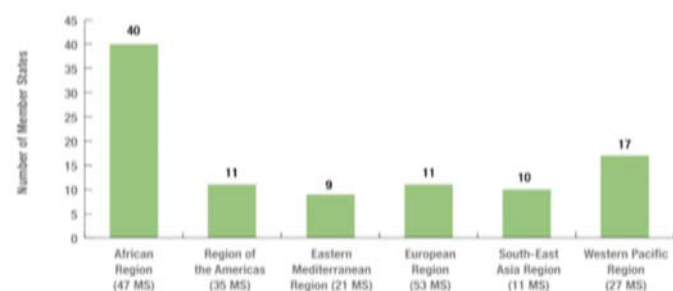


Figure 2. Regional distribution of member states on TCM at 2018 [21]

Historical significances and medicinal values of natural remedies for a variety of illnesses

The lengthy and tedious history demonstrates how long people have been using plants to treat a variety of ailments. Due to their diversified range of phytochemicals, which are important for their therapeutic use against a variety of ailments, plant species offer an extensive amount of medicinal promise in herbal medicine [5]. Its significant efficacy evidence is provided by immunomodulatory, antiviral, anti-inflammatory, and mixed-effect medications [5]. In April 2009, the extremely harmful Influenza A (H1N1) virus was first noted in the United States and Mexico. It quickly spread to other region of the world, and resulted as the first influenza pandemic since 1968 occurred. According to World Health Organization data, the pandemic had reached nearly every country by March 2010 and claimed 17,700 lives [23]. The antiviral oseltamivir was widely utilized to manage the H1N1 influenza pandemic, and advised by the World Health Organization [23]. While no direct comparative data was presented to clarify the role of oseltamivir in H1N1 influenza was reported, certain isolated cases of H1N1 virus resistance to oseltamivir were detected [24]. Because of the high price and shortage of oseltamivir, Traditional Chinese medicine (TCM) was employed in low cost as an alternative treatment in areas with low resources, such as rural China, where oseltamivir supplies were frequently insufficient [24]. TCM has demonstrated efficacy in treating coronavirus pneumonia caused by the Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) and severe acute respiratory syndrome (SARS) [25, 26]. During the 2003 SARS outbreak, TCM achieved impressive therapeutic results. The TCM program participated in the COVID-19 analysis and treatment recommendations during the retrieval era, and TCM experts were employed throughout the entire rescue process [9, 27].

According to contemporary pharmacological research, seasonal influenza has been treated with Traditional Chinese Medicine (TCM) for thousands of years [28]. Wang et al. [29] conducted a clinical trial using the TCM formulation Maxingshigan-Yinqiaosan (MY), which is made up of 12 herbs from 11 medical sites across 4 provinces in China during the 2009 H1N1 influenza epidemic. Both oseltamivir and MY, alone and in combination has a capacity to shortened the time it took for H1N1 patients to recover from their fevers without causing any negative side effects, indicating that MY might be a viable choice for treating fever in H1N1 influenza patients. Additionally, the cost of Maxingshigan-Yinqiaosan treatment was 70% less than that of oseltamivir [29, 30]. Similarly, WHO recommended artemisinin-based combination therapy (ACT) for the treatment of malaria by combine an artemisinin derivative like that of artemether, artesunate or dihydroartemisinin with an effective antimalarial medicine [31]. Although using as an alternative or in combination with contemporary medications, traditional herbal remedies, such as those for influenza and malaria, have demonstrated great promise in lowering the long-term problems associated with infectious diseases, such as drug resistance, availability, cost, and socioeconomic burden. Since nearly all highly contagious diseases are affected by these issues, it is imperative to expand the selection of antiviral medications by incorporating traditional herbal remedies in order to better prepare for infectious disease-related public health emergencies like COVID-19 [13].

Role and potentials of natural products in the case of COVID-19 treatment

Boosting immunity, antiviral and phytochemical potential

The active ingredients found in herbal medications can help minimize the risk of infection and its symptoms. Additionally, herbal therapy strengthens the body, boosts immunity, and enhances overall health and well-being [5]. For the treatment of respiratory infections, numerous natural items and herbal remedies have received approval as medications or food additives, and it can prevent or slow down the SARSCoV-2 infection [5]. Maximizing the natural immunity of the body is critically important as the host environment is supposed to be a governing factor for the attacking organism. The novel coronavirus COVID-19 has offered mode of infection similar to SARS, which affects elderly and immune-compromised people as well as those with diabetes (high blood sugar) and chronic heart conditions. Therefore, several immune-boosting drugs are also being explored for COVID-19 therapy [13]. There are many protein domains in viruses such as spike protein and nucleocapsid protein that helps viruses to develop the capsid, replicate and attach to the host cells [20]. The intervention includes inhibition of viral spike protein attachment to host receptors or preventing viral replication and assembly could be strategies to cure COVID-19 infection [7].

The importance of traditional medicinal plants in emerging pandemics was made evident when it was effectively partnered with conventional medicine in the management of the SARS outbreak in 2003 [32]. There is a lot of evidence that viruses mainly target the body's immune system. No Food and Drug Administration (FDA) approved drugs are available to cure the COVID-19 at a time. However, some published studies on Ayurvedic and TCM

have shown that the herbs employed in these practices are useful in inhibiting viral replication, preventing entry and attachment of virus to the host cell along with boosting the immune system of a person [9]. TCM has shown encouraging results in reducing the overall death rate, the rate of mild and/or severe cases, and the overall length of the disease. Combining herbal medicine with contemporary biomedicine may have direct antiviral, immunomodulatory, and anti-inflammatory benefits in addition to alleviating hypoxemia and chronic obstructive pulmonary disease [9, 27]. Certain herbs like Ashwagandha (*Withania somnifera*), Giziwa in Amharic, has been shown in numerous studies and suggested as the effective medication in boosting immune response, and inhibiting viral replication [33].

Several studies are being conducted to screen for possible plant-based drugs that can inhibit important COVID-19 proteins. To develop a remedy for COVID-19 infection, a wide range of phytochemicals and antiviral herbs including black cumin, ginger, cloves, cardamom, garlic, turmeric, lemon and ashwagandha were examined in a recent study by Sharma and Maurya, [20]. To investigate the antiviral effect of phytochemicals at various stages of infection, the phytochemical component and bio-active compounds found in herbs were docked with several coronavirus target proteins, mainly viral capsid spike and protease. According to this study's findings, certain phytochemical substances used in traditional medicine have a high affinity for viral proteins, which makes them ideal candidates for target medication development. The other study's deployed molecular docking methods effectively screen 83 chemical structures from TCM compounds and found that theaflavin and its derivatives, which are derived from black tea, can inhibit the activity of the SARS-CoV 3CL (3-chymotrypsin-like cysteine) protease, making it a potent inhibitory compound against COVID-19 infection [19]. Traditional Chinese Medicine (TCM) has indicated a great scientific knowledge, effective and applicable inhibition and treatment of respiratory disorders in herbal formulations. The 1st patient with clinical features of COVID-19 pneumonia was recovered from the hospital on 24 January 2020 after management with TCM medicine [34, 35]. The National Health Commission (NHC) of China employed TCM in the COVID-19 treatment guidelines for their notable contributions [36]. At a press conference held on February 17, an official reported that 60,107 COVID-19 cases (85.2% of total cases at the time) were treated with TCM [8].

Similarly, Khan et al. [37] conducted a computational chemistry approach to perform a molecular docking analysis of seven SARS-CoV-2 proteins that contain eighteen active constituents that have been identified as antiviral or anti-SARS-CoV medicines in the past. Remdesivir and chloroquine, two FDA-approved medications that are used to treat COVID-19 were compared to these 18 candidate compounds. The findings showed that green tea's main ingredient, epigallocatechin gallate (EGCG), could fit well into the docked proteins of SARS-CoV-2, indicating that it is a promising therapy option against COVID-19. Epigallocatechin-3-O-gallate (EGCG) is known to inhibit a variety of DNA and RNA viruses. The plant metabolite quercetin inhibits viral entry into target cells via interaction with viral protein, and turmeric (*Curcuma longa*) are reported that contain quercetin [38]. Garlic (*Allium cepa*) con-

tains Allicin metabolite that exhibits antiviral, antifungal, and antiparasitic activities [39].

According to Tefera Belachew [40] report on narrative review, Most of the spices including turmeric, ginger, lemon, garlic, Cinnamon, black pepper, clove, coriander, green paper, mustard, thyme, oregano, white cumin, and chilli used in Ethiopia have antiviral, antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and immune boosting effects. Combining spices like turmeric and black pepper enhances the bioavailability of curcumin, which is strong antiviral and antioxidant. Having balanced a healthy diet that has micro and macro nutrients, moderate physical activity, managing stress, and getting enough sleep are critical to keep immune system strong and withstand acute infections, but there is no empirical evidence on specific dietary recommendations that can reduce risk of COVID-19 and related mortality. Finally, the findings indicated that there is a scientific basis for the use of spices and herbs in preventing and fighting acute viral infections and encourage the public on the use of such spices in their normal diet. The public should also be advised to be cautious in the use of some spices and herbs in large doses especially in pregnant women. Further clinical trials should elucidate the effect of these spices on COVID-19 using direct empirical data.

Potential medicinal plants that used in the case of Covid-19

Herbal medicinal plants and their derivatives can be used for the treatment of COVID-19. The botanical detoxifiers, immune boosting remedies, natural antioxidants, plant haematinics and different spices can be used for the treatment of COVID-19 [13]. In this review, some summarized potential medicinal plants which can be used against different viruses as well as against COVID-19 due to their active constituents against to different viruses. So, some describe here medicinal plants are having antioxidants, antiviral, blood purifier, immune boosters and haematinic potentials.

Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.)

Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) belongs to the family Zingiberaceae. *Zingiber officinale* is a rhizomatous, perennial, herbaceous flowering plant which originates from Southeast Asia and now extensively cultivated in most tropical and subtropical countries including African countries. All parts of the plant, especially the rhizome are used in African traditional medicine for the treatment of various conditions such as indigestion, gastric ulcerations, constipation, nausea, vomiting, arthritis, rheumatism, pains, fever, cough and cold, sore throats, lung diseases, cramps, hypertension, infectious diseases, asthma, and diabetes [41, 42]. Several studies on *Zingiber officinale* was reported as a potential inhibitor of infections from coronaviruses. *Zingiber officinale* possesses high medicinal activities such as antioxidant, anti-microbial, antiinflammatory, anti-arthritic, anti-platelet, anti-rhinoviral, cardiovascular protection, glucose lowering, and anticancer activities [43, 44]. *Zingiber officinale* was strengthening the body's defense mechanism by improving the antioxidant property will undoubtedly cure many chronic diseases and disorders.

Bioactive constituents include in the ginger are Zingiberene, Zingerone, Gingerol, Gingerdiol, Shogaol, Paradols, Curcumene [43, 45, and 46].

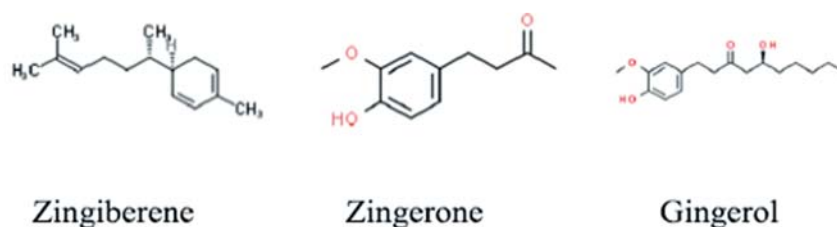


Figure 3. The structure of some bioactive compounds includes in the *Nigella sativa*

Shogaol obtained from *Zingiber officinale* are the important compound aids in relieving the patients from respiratory issues [47]. Prasad *et al.* [48] and Laksmiani *et al.* [49] were suggested *Zingiber officinale* as a component of a formulation for the treatment of COVID-19. The alkaloid irritant taste from ginger also aids in clearing respiratory issues, so it also help preventing from COVID-19 [14]. Gingerol and curcumin modulate immune responses against SARS-CoV-2 [4].

Turmeric (*Curcuma longa* Linn.)

Curcuma longa are from Zingiberaceae family and the common names are Turmeric. *Curcuma longa* is a rhizomatous, perennial, small flowering herbaceous plant indigenous to South Asia. Widely cultivated East and West part of Africa for its culinary spicy and medicinal values. The rhizome is the most commonly used part in Africa for the traditional treatment of some ailments like that of headache, skin diseases, jaundice, smallpox, microbial infections, diarrhea, diabetes, arthritis, anorexia, cough, sinusitis, conjunctivitis, and diabetic wounds [50].

The medicinal activities of *Curcuma longa* has been widely found to possess anti-inflammatory, anti-ulcer, antioxidant, antidiabetic, anti-coagulant, anti-fertility, anti-neoplastic, antimicrobial, anti-viral, wound healing, cardiovascular protective, hepatoprotective, and immunostimulant activity [53, 54]. The bioactive constituents include in the *Curcuma longa* are Curcumin, Quercetin, Curcuminoids [51, 52]. Among major bioactive compounds of *Curcuma longa* extracts curcumin had the highest binding affinity to SARS-CoV-2 main protease [56]. Curcumin, the primary phytochemical of *Curcuma longa* L., is a strong antioxidant that also promotes the synthesis of interferons, which activates the host's innate immunity. It also possesses anti-SARS-CoV-2 actions and can enhance immunity [57, 58].

Several studies show that as *Curcuma longa* has a potential activity for coronavirus treatment and management. Curcumin's has a significant antiviral properties have been shown by its high affinity for binding SARS-CoV-2 proteins [59]. Wen *et al.* [55] and Zahedipour *et al.* [60] reported *Curcuma longa* as a plant with potent anti-viral activity against SARS coronaviruses, so it could be effective in the treatment of SARS CoV-2. Liu and Ying [61] employed the antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin to treat pneumonia in patients infected with COVID-19 infection. The plant

bioactive quercetin inhibits viral entering into target cells via interaction with the viral protein [38]. The derivative curcumin has an excellent candidate for supplementary therapy in the treatment of patients with COVID-19 because of its multiple therapeutic properties [4], binding proteins of COVID-19 [62], and inhibits viral binding to ACE2 receptors and by hindering spike proteins [63, 64].

Black Cumin (*Nigella sativa* L.)

Black seed, black cumin, fennel flower are its common names; the Ranunculaceae family, Tikur azmud, and Abasuuda guaracha (Amharic and Oromic) are its local names in Ethiopia. The annual flowering plant *Nigella sativa* is indigenous to North Africa, Eastern Mediterranean, Indian subcontinent, and Southwest Asia.

For over 2,000 years, seeds and oil have been widely utilized as a traditional heals to treat a variety of health conditions. In the long history "Prophet Muhammad (PBUH) mentioned the name of black cumin as a treatment for all diseases except death" [65]. It is also specified within the list of natural medication of 'Tibb-e-Nabavi', or "Medicine of the Prophet (Muhammad PBUH)" [66]. Traditionally widely used for treating asthma, cough, bronchitis, rheumatoid arthritis, diabetes, hypertension, and boosting immune system [67]. It has anti-inflammatory, anti-cancer, analgesic, antioxidant, antimicrobial, anti-parasitic, and anti-viral properties [68]. Based on several finding evidences, Black cumin is suggested strongly for combating the coronavirus disease and its remedial capabilities against autophagy dysfunction, immune disturbance, and cardiovascular disease, viral and bacterial infections [69].

Bioactive compounds include in *Nigella sativa* are Thymoquinone (TQ), Cymene, Carvacrol, Dihydrothymoquinone (DTQ), thymol [70, 46].

Thymoquinone is the primary bioactive compound obtained from black cumin seed volatile oil. It has a significant antioxidant, anti-histaminic, anti-inflammatory, anti-microbial, anticancer, and cardioprotective activities with low or no side effects [71]. Thymoquinone encourages autophagy in human body and autophagy is considered as a promising therapeutic way to the management of the coronavirus disease [72, 73]. *Nigella sativa* was found helpful against various viruses including coronavirus that are; avian influenza [74], HIV [75], Newcastle disease virus [76]. Eldeeb and Belal [77] and Rahman [78] were reported that *Nigella sativa* possesses

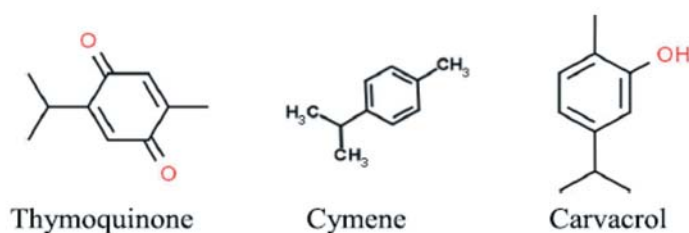


Figure 4. The structure of some bioactive compounds includes in the *Nigella sativa*

potential anti-coronavirus activity. The derivative DTQ has a high binding affinity targeting SARS-CoV-2 and also TQ has a high to moderate affinity target [79, 80].

Garlic (*Allium sativum* L.)

The monocotyledonous flowering plant *Allium sativum* is indigenous to central Asia. Nowadays, the plant is grown and dispersed widely worldwide. The bulb is the component of the plant that is most commonly used in traditional medicine in Africa and other nations. In the past, it was used as a treatment for respiratory diseases, bacterial infections, worm infestation, amoebic dysentery, cholera, diphtheria, tuberculosis, and influenza [81, 82]. Garlic possesses anti-diabetic, anti-inflammatory, antioxidant, hepatoprotective, cardiovascular protective, antibacterial, antifungal, antiviral, and anti-cancer properties [83].

The bioactive constituents that includes in the *Allium sativum* are Ajoene, Allicin, Diallyl disulfide, Vinylthiins [84, 46]. Organo-sulfur compounds (OSG) present in garlic, including allicin, ajoene, and garlicin are shown the effective anti-viral properties [4].

Allicin is a good source of *Allium sativum* phytochemical compounds that exhibits antiviral, antifungal, and antiparasitic properties [39]. According to Keyaerts *et al.* [85], *Allium*

sativum exhibits strong antiviral properties against coronaviruses. Thuy *et al.* [86] suggested as *Allium sativum* that have a valuable source of anti-SARS-CoV-2. Clinical research showed that giving individuals with moderate to severe COVID-19 symptoms 24 grams of garlic daily for three days significantly reduced the majority of their symptoms, including fever and headaches, within the second day of medication [87, 4]. Garlic (*Allium sativum* L.) can enhance immune cells system and inhibits the production and secretion of proinflammatory cytokines, and it was suggested as a beneficial preventive measure prior to SARS-CoV-2 infection [88, 58].

CONCLUSION

As epidemics or pandemics, infectious diseases such as Ebola, SARS-CoV (severe acute respiratory syndrome coronavirus), MERS-CoV (Middle East respiratory syndrome coronavirus), malaria, AIDS (acquired immunodeficiency syndrome), influenza, tuberculosis, and most recently, COVID-19 have claimed numerous lives worldwide. The world has been suffered recently as a result of the emergence of COVID-19 (SARS-CoV-2), an unexpected pandemic that has caused widespread panic and presented as one of the most difficult global public health issues. Early diagnosis and quarantining

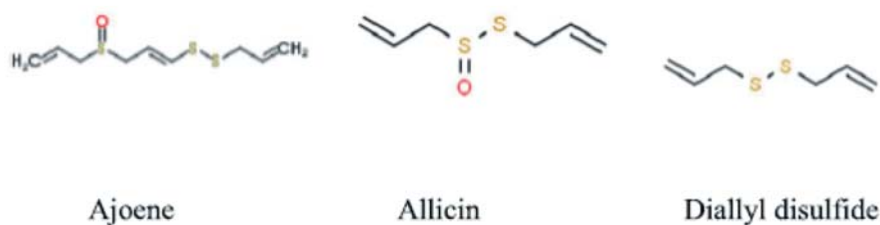


Figure 5. The structure of some bioactive compounds includes in the *Allium sativum*



Figure 6. The pictures of described potential herbs for the management of various diseases including Covid-19

infected individuals with supportive therapies is the minimum measure to prevent the outbreak in the absence of specific medicines that have been shown to be effective at a time. In relation to the similarity of the diseases symptoms, some treatment approaches against coronaviruses have been used globally in the previous times for fighting the SARS-CoV and MERS-CoV outbreaks. These approaches rely on medicinal plants and herbs to address the patients' primary healthcare needs in utilizing indigenous knowledge about various kinds of medicinal plants. Additionally, it is undeniable that the human body needs a strong and flexible immune system from plant source in order to protect against COVID-19.

In this review, the highlighted potential medicinal plants have a wide range of derivatives that can be used to treat

COVID-19 by improving the host immune responses, reducing the virus replication and having antiviral properties that inhibits further infection. They can also have the pharmacological potential. Because of the natural derivatives' high quality, low cost, and fewer or no side effects than synthetic medications, medicinal plants can open up the paths for drug development to combat pandemics like COVID-19. Furthermore, investigation is necessary to determine the safety, efficacy, and identifying potential lead medicine plant candidates are important before making any extrapolated claims. In-depth studies and experiments have been suggested to determine the role of medicinal plants in preventing a pandemic. Moreover, the use of medicinal plants for specific variant of COVID-19 has to be investigated.

• References / Литература

- Ben-Shabat S, Yarmolinsky L, Porat D, Dahan A. Antiviral effect of phytochemicals from medicinal plants: Applications and drug delivery strategies. *Drug Delivery and Translational Research*. 2020;10(2):354–367. <https://doi.org/10.1007/s13346-019-00691-6>
- Balachandar, I. Mahalaxmi, J. Kaavya, G. Vivekanandhan, S. Ajithkumar, N. Arul, G. Singaravelu, N. Senthil Kumar, S. Mohana Devi. COVID-19: emerging protective measures. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2020;24:3422-3425. https://doi.org/10.26355/eurrev_202003_20713
- Chilamakuri, R., & Agarwal, S. COVID-19: Characteristics and Therapeutics. *Cells*. 2021;10(2), 206. <https://doi.org/10.3390/cells10020206>
- Al-Jamal H.; Idriss S.; Roufayel R.; Abi Khattar Z.; Fajloun Z.; Sabatier J.-M. Treating COVID-19 with Medicinal Plants: Is It Even Conceivable? A Comprehensive Review. *Viruses*. 2024;16(20). <https://doi.org/10.3390/v16030320>
- V Kumar, Y Kumar, R Huria, S Kumar, T Kalson, D Jangra, D Kumar, B Mangla. Herbal Medicines Used for the Management of COVID-19. *Coronaviruses*. 2023;4(1):e030423215402. <https://doi.org/10.2174/2666796704666230403101610>
- Ang L., Lee H.W., Choi J.Y., Zhang J., Lee M.S. Herbal medicine and pattern identification for treating COVID-19: a rapid review of guidelines. *Integrative Medicine Research*. 2020;29:100407. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2020.100407>
- Saxena S.K. Current Insight into the Novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). In: Saxena SK (ed.), *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), Medical Virology: From Pathogenesis to Disease Control*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4814-7>
- Zhang D., Zhang B., Lv J.T., Sa R.N., Zhang X.M., Lin Z.J. The clinical benefits of Chinese patent medicines against COVID-19 based on current evidence. *Pharmacological Research*. 2020;5(5):104882. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104882>
- Al-kuraishy H.M., Al-Fakhrany O.M., Elekhawwy E. et al. Traditional herbs against COVID-19: back to old weapons to combat the new pandemic. *Eur J Med Res*. 2022;(27):186. <https://doi.org/10.1186/s40001-022-00818-5>
- Ang L. Herbal medicine for the treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Med*. 2020;9(5):1583. <https://doi.org/10.3390/jcm9051583>
- Chakraborty R. Revival, modernization and integration of Indian traditional herbal medicine in clinical practice: Importance, challenges and future. *Journal of traditional and complementary medicine*. 2017;7(2):234-244. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.006>
- Ren J.-L., Zhang A.H., Wang X.J. Traditional Chinese medicine for COVID-19 treatment. *Pharmacological research*. 2020;155:104743. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104743>
- Pandey P., Basnet A., Mali A. Quest for COVID-19 cure: integrating traditional herbal medicines in the modern drug paradigm. *Applied Science and Technology Annals*. 2020;1(1):63–71. <https://doi.org/10.3126/asta.v1i1.30275>
- Logeswari J., Sathya Shankar, Protyusha Guha Biswas, Muninathan N. Role of Medicinal Plants in the Prevention of Covid-19 Pandemic. *Medico-legal Update*. 2020;20(4).
- WHO. 2008. Traditional medicine: definitions. World Health Organization Fact sheet N°134.
- Muhammad N., Saeed M., Khan H. Antipyretic, analgesic and anti-inflammatory activity of *Viola betonicifolia* whole plant. *BMC complementary and alternative medicine*. 2012;12(1):12-59. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-59>
- Prakash P., Gupta N. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum* Linn (Tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: a short review. *Indian Journal of physiology and pharmacology*. 2005;49(2):125-131.
- Sahreen S., Khan M.R., Khan R.A., Alkreathy H.M. Cardioprotective role of leaves extracts of *Carissa opaca* against CCI 4 induced toxicity in rats. *BMC research notes*. 2014;7(1):224. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-224>
- Lung J., Lin Y.S., Yang Y.H., Chou Y.-L., Shu L.H., Cheng Y.C., Liu H.T., Wu C.Y. The potential chemical structure of anti-SARS-CoV-2 RNA-dependent RNA polymerase. *Journal of Medical Virology*. 2020;92(6):693-697. <https://doi.org/10.1002/jmv.25761>
- Maurya D.K., Sharma D. Evaluation of traditional ayurvedic preparation for prevention and management of the novel Coronavirus (SARS-CoV-2) using molecular docking approach. 2020.
- WHO, 2019. WHO global report on traditional and complementary medicine.
- Abdullahi A.A. Trends and challenges of traditional medicine in Africa. *Afr J Tradit Complement Altern Med*. 2011;8:115–123. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i5s.5>
- WHO, 2009. Guidelines for Pharmacological Management of Pandemic Influenza A (H1N1) 2009 Influenza and Other Influenza Viruses. Geneva: World Health Organization; 20 August 2009.
- Baz M., Abed Y., Papenburg J., Bouhy X., Hamelin M.E., Boivin G. Emergence of oseltamivir-resistant pandemic H1N1 virus during prophylaxis. *N Engl J Med*. 2009;361:2296-7. <https://doi.org/10.1056/NEJMc09100> [PMID: 19907034]
- Su Y.-C., Huang G.-J., Lin J. Chinese herbal prescriptions for COVID-19 management: Special reference to Taiwan Chingguan Yihau (NRCM101). *Front. Pharmacol*. 2022;(13):928106. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.928106>
- Zhang Y., Wang Z., Zhang Y., Tong H., Zhang Y., Lu T. Potential mechanisms for traditional Chinese medicine in treating airway mucus hypersecretion associated with coronavirus disease 2019. *Front. Mol. Biosci*. 2020;(7):577285. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2020.577285>

27. Luo L. Analysis on herbal medicines utilized for treatment of COVID-19. *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2020;10(7):1192–204. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2020.05.007>
28. Chan K. Chinese medicinal materials and their interface with Western medical concepts. *J Ethnopharmacol*. 2005;96:1–18. [PMID: 15588645] <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.09.019>
29. Wang Y., Zhang D., Du G., Du R., Zhao J., Jin Y., Fu S., Gao L., Cheng Z., Lu Q., Hu Y. Remdesivir in adults with severe COVID-19: a randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *The Lancet*. 2020 Apr 29. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)31022-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)31022-9)
30. Wang C., Cao B., Liu Q.-Q., Zou Z.-Q., Liang Z.-A., Gu L., Dong J.-P., Liang L.-R., Li X.-W., Hu K., He X.-S. Oseltamivir compared with the Chinese traditional therapy Maxingshigan–Yinqiaosan in the treatment of H1N1 influenza: a randomized trial. *Annals of internal medicine*. 2011 Aug 16;155(4):217–25. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-4-201108160-00005>
31. World Health Organization (WHO). 2010. Guidelines for the treatment of malaria.
32. Chen and T. Nakamura, Statistical evidence for the usefulness of Chinese medicine in the treatment of SARS. *Phytother. Res*. 2004;(18):592–594. <https://doi.org/10.1002/ptr.1485>
33. Tillu G., Chaturvedi S., Chopra A., Patwardhan B. Public health approach of Ayurveda and Yoga for COVID-19 prophylaxis. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2020 May 1, 2020;26(5):360–364. <https://doi.org/10.1089/acm.2020.0129>
34. Li X., Zhang X., Ding J., Xu Y., Wei D. Comparison between Chinese herbal medicines and conventional therapy in the treatment of severe hand, foot, and mouth disease: a randomized controlled trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2014.
35. Akram M., Ugariogu S.N., Sagheer M.S., Saeed M.M., Tahir I.M., Duru I.A., Abah C.V. The Potentials of Medicinal Plants in the Treatment of Covid-19 Patients: A Review. *Int J Pharmacogn Chinese Med*. 2021;5(1):000212.
36. Yang Y., Islam M.S., Wang J., Li Y., Chen X. Traditional Chinese medicine in the treatment of patients infected with 2019-new coronavirus (SARS-CoV-2): a review and perspective. *International journal of biological sciences*. 2020;16(10):1708–1717. <https://doi.org/10.7150/ijbs.45538>
37. Khan M.F., Khan M.A., Khan Z.A., Ahamad T., Ansari W.A. Identification of Dietary Molecules as Therapeutic Agents to Combat COVID-19 Using Molecular Docking Studies. *Research Square*. 2020;1–17. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-19560/v1>
38. Wu W., Li R., Li X., He J., Jiang S., Liu S., Yang J. Quercetin as an antiviral agent inhibits influenza A virus (IAV) entry. *Viruses*. 2016;8(1):6. <http://dx.doi.org/10.3390/v8010006>
39. Nakamoto, K. Kunimura, J. I. Suzuki, Kodera Y. Antimicrobial properties of hydrophobic compounds in garlic: allicin, vinylidithiin, ajoene and diallyl polysulfides. *Experimental and @erapeutic Medicine*. 2020;19(2):1550–1553. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8388>
40. Tefera Belachew, Makeda Sinaga. 2020. Narrative Review. Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Public Health, Institute of Jimma University.
41. Abdurahman H.N., Ranitha M., Azhari H.N. Extraction and characterization of essential oil from Ginger (*Zingiber officinale roscoe*) and Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) by microwave-assisted Hydrodistillation. *Int J Chem Environ Eng*. 2013;4:221–226.
42. Otunola G.A., Afolayan A.J. Antidiabetic effect of combined spices of *Allium sativum*, *Zingiber officinale* and *Capsicum frutescens* in alloxan-induced diabetic rats. *Front Life Sci*. 2015;4(4):314–323. <https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1053628>
43. Taoheed A.A., Tolulope A.A., Saidu A.B., Odewumi O., Sunday R.M., Usman M. Phytochemical properties, proximate and mineral composition of *Curcuma longa* Linn. and *Zingiber officinale* Rosc.: A comparative study. *J Sci Res Rep*. 2017;13(4):1–7. <https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/32623>
44. Zhang M., Viennois E., Prasad M., Zhang Y., Wang L., Zhang Z. Edible ginger-derived nanoparticles: a novel therapeutic approach for the prevention and treatment of inflammatory bowel disease and colitis-associated cancer. *Biomaterials*. 2016;101:321–340. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2016.06.018>
45. Mao Q.Q., Xu X.Y., Cao S.Y., Gan R.Y., Corke H., Beta T., Li H.B. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Foods*. 2019;8(6):185–190. <https://doi.org/10.3390/foods8060185>
46. Adeleye A.O., Femi-Oyewo N.M., Bamiro A.O., Bakre G.L., Alabi A., Ashidi S.J., Balogun-Agbaje A.O., Hassan M.O., Gbemisola Fakoya. Ethnomedicinal herbs in African traditional medicine with potential activity for the prevention, treatment, and management of COVID-2019. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2021;7:72. <https://doi.org/10.1186/s43094-021-00223-5>
47. Mashhadi N.S., Ghiasvand R., Askari G., Hariri M., Darvishi L., Mofid M.R. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of ginger in health and physical activity: review of current evidence. *International journal of preventive medicine*. 2013;4(1):S36.
48. Prasad A., Muthamilarasan M., Prasad M. Synergistic antiviral effects against SARS-CoV-2 by plant-based molecules. *Plant Cell Rep*. 2020;39(9):1109–1114. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02560-w>
49. Laksmiani N.L., Larasanty L.P., Santika A.J., Prayoga P.A., Dewi A.K., Dewi N.K. Active Compounds Activity from the Medicinal Plants Against SARSCoV-2 using in Silico Assay. *Biomed Pharmacol J*. 2020;13(2):873–881. <https://doi.org/10.13005/bpj/1953>
50. Omosa L.K., Midiwo O., Kuete V. Medicinal spices and vegetables from Africa therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases, *Curcuma longa*. Elsevier, Amsterdam, 2017. 425–435.
51. Sahne F., Mohammadi M., Najafpour G.D., Moghadamnia A.A. Enzyme assisted ionic liquid extraction of bioactive compound from turmeric (*Curcuma longa* L.): Isolation, purification and analysis of curcumin. *Industrial Crops and Products*. 2017;95:686–694. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.037>
52. Pal K., Chowdhury S., Dutta S.K., Chakraborty S., Chakraborty M., Pandit G.K. Analysis of rhizome colour content, bioactive compound profiling and ex-situ conservation of turmeric genotypes (*Curcuma longa* L.) from sub-Himalayan terai region of India. *Ind Crops Prod*. 2020;150:112401. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112401>
53. Ayati Z., Ramezani M., Amir M.S., Moghadam A.T., Rahimi H., Abdollahzade A., Sahebkar A., Emami S.A. Ethnobotany, phytochemistry and traditional uses of curcuma spp. and pharmacological profile of two important species (*C.longa* and *C. zedoaria*): A review. *Curr Pharm Des*. 2019;25(8):871–935. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190402163940>
54. Saronee F., Bekinbo M.T., Ojeka S.O., Dapper D.V. Comparative assessment of methanolic extracts of hog plum (*Spondias mombin* linn.) leaves and turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes on blood glucose and glycosylated haemoglobin in male wistar rats. *J Appl Sci Environ Manage*. 2019;23(9):1631–1636.
55. Wen C.C., Kuo Y.H., Jan J.T., Liang P.H., Wang S.Y., Liu H.G., Lee C.K., Chang S.T., Kuo C.J., Lee S.S., Hou C.C., Hsiao P.W., Chien S.C., Shyr L.F., Yang N.S. Specific plant terpenoids and lignoids possess potent antiviral activities against severe acute respiratory syndrome coronavirus. *J Med Chem* 2007;50(17):4087–4095.
56. Abodunrin O.P., Onifade O.F., Adegboyega A.E. Therapeutic capability of five active compounds in typical African medicinal plants against main proteases of SARS-CoV-2 by computational approach. *Inform. Med. Unlocked*. 2022;(31):100964. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100964>

57. Zahedipour F., Hosseini S.A., Sathyapalan T., et al. Potential effects of curcumin in the treatment of COVID-19 infection. *Phytother Res.* 2020;34(11):2911-2920. <https://doi.org/10.1002/ptr.6738>
58. Soleymani S., Naghizadeh A., Zargarani A., Karimi M., Mardi R., Kordafshari G., Esmaealzadeh N. COVID-19: General Strategies for Herbal Therapies. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine.* 2022;(27):1-18. <https://doi.org/10.1177/2515690X211053641>
59. Pawar K.S.; Mastud R.N.; Pawar S.K.; Pawar S.S.; Bhoite R.R.; Bhoite R.R.; Kulkarni M.V.; Deshpande A.R. Oral Curcumin with Piperine as Adjuvant Therapy for the Treatment of COVID-19: A Randomized Clinical Trial. *Front. Pharmacol.* 2021;(12):669362.
60. Zahedipour F., Hosseini S.A., Sathyapalan T., Majeed M., Jamialahmadi T., Al-Rasadi K. Potential effects of curcumin in the treatment of COVID -19 infection. *Phytother Res.* 2020;34(11):1-10. <https://doi.org/10.1002/ptr.6738>
61. Liu Z., Ying Y. The inhibitory effect of curcumin on virus-induced cytokine storm and its potential use in the associated severe pneumonia. *Front Cell Dev Biol.* 2020;8:479. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00479>
62. Prasanth DSNBK, Murahari M., Chandramohan V., Panda S.P., Atmakuri L.R., Guntupalli C. *In silico* identification of potential inhibitors from *Cinnamon* against main protease and spike glycoprotein of SARS-CoV-2. *J. Biomol Struct Dyn.* 2021;39(13):4618-32. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1779129>
63. Shanmugarajan D.; Prabitha P.; Kumar B.P.; Suresh B. Curcumin to inhibit binding of spike glycoprotein to ACE2 receptors: Computational modelling, simulations, and ADMET studies to explore curcuminoids against novel SARS-CoV-2 targets. *RSC Adv.* 2020;10:31385-31399. <https://doi.org/10.1039/d0ra03167d>
64. Dhar S.; Bhattacharjee P. Promising role of curcumin against viral diseases emphasizing COVID-19 management: A review on the mechanistic insights with reference to host-pathogen interaction and immunomodulation. *J. Funct. Foods.* 2021;(82):104503. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104503>
65. Duke J.A. Handbook of medicinal herbs. CRC Press. 2002.
66. Sharma N.K., Ahirwar D., Jhade D., Gupta S. Medicinal and pharmacological potential of *nigella sativa*: a review. *Ethnobotanical Review.* 2009;13:946-55.
67. Ahmad A., Husain A., Mujeeb M., Khan S.A., Najmi A.K., Siddique N.A. A review on therapeutic potential of *Nigella sativa*: A miracle herb. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2013;3(5):337-352.
68. Molla S., Azad M.K., Al Hasib M.A., Hossain M.M., Ahammed M.S., Rana S. A review on antiviral effects of *Nigella sativa* L. *Pharmacologyonline.* 2019;2:47-53.
69. Islam M.N., Hossain K.S., Sarker P.P., Ferdous J., Hannan M.A., Rahman M.M. Revisiting pharmacological potentials of *Nigella sativa* seed: a promising option for COVID-19 prevention and cure. *OSF Preprints.* 2020.
70. Sahak M.K., Kabir N., Abbas G., Draman S., Hashim N.H., Hasan Adli D.S. The role of *nigella sativa* and its active constituents in learning and memory. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2016; 1-6.
71. Woo C.C., Kumar A.P., Sethi G., Tan K.H. Thymoquinone: potential cure for inflammatory disorders and cancer. *Biochemical Pharmacology.* 2012;83(4):443-51.
72. Xiao J., Ke Z.P., Shi Y., Zeng Q., Cao Z. The cardioprotective effect of thymoquinone on ischemia-reperfusion injury in isolated rat heart via regulation of apoptosis and autophagy. *Journal of Cellular Biochemistry.* 2018;119(9):7212-7. <https://doi.org/10.1002/jcb.26878>
73. Hannan M.A., Rahman M.A., Rahman M.S., Sohag A.A., Dash R., Hossain K.S. Intermittent fasting, a possible priming tool for host defense against SARS-CoV-2 infection: crosstalk among calorie restriction, autophagy and immune response. *Immunol. Lett.* 2020;226:38-45. <https://doi.org/10.31219/osf.io/jt738>
74. Umar S., Munir M.T., Subhan S., Azam T., Nisa Q., Khan M.I. Protective and antiviral activities of *Nigella sativa* against avian influenza (H9N2) in turkeys. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2016.
75. Onifade A., Jewell A.P., Adediji W. *Nigella sativa* concoction induced sustained seroreversion in HIV patient. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.* 2013;10(5):332-5.
76. Khan A.U., Tipu M.Y., Shafee M., Khan N.U., Tariq M.M., Kiani M.R. *In-vivo* antiviral effect of *Nigella sativa* extract against Newcastle Disease Virus in experimentally infected chicken embryonated eggs. *Pakistan Veterinary Journal.* 2018;38:434-7.
77. Eldeeb E., Belal A. Two promising herbs that may help in delaying corona virus progression. *Int J Trend Sci Res Dev.* 2020;4(4):764-766.
78. Rahman M.T. Potential benefits of combination of *Nigella sativa* and zn supplements to treat COVID-19. *J Herb Med.* 2020;23:100382. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100382>
79. Elfiky A.A. Natural products may interfere with SARS-CoV-2 attachment to the host cell. *J. Biomol. Struct. Dyn.* 2021;(39):3194-3203. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1761881>
80. Jakhmola Mani R.; Sehgal N.; Dogra N.; Saxena S.; Pande Katara D. Deciphering underlying mechanism of SARS-CoV-2 infection in humans and revealing the therapeutic potential of bioactive constituents from *Nigella sativa* to combat COVID19: In-silico study. *J. Biomol. Struct. Dyn.* 2022;(40):2417-2429. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1839560>
81. Petrovska B.B., Cekovska S. Extracts from the history and medical properties of garlic. *Pharmacogn Rev.* 2010;4(7):106-110.
82. Sulaiman F.A., Kazeem M.O., Waheed A.M., Temowo S.O., Azeez I.O., Faridat I. Antimicrobial and toxic potential of aqueous extracts of *Allium sativum*, *Hibiscus sabdariffa* and *Zingiber officinale* in Wistar rats. *J Taibah Univ Sci.* 2014;8(4):315-322.
83. Kumar P., Yadav J., Jain M., Yadav P, Goel AK, Yadava PM. Bactericidal efficacy of *Allium sativum* against multidrug resistant *Vibrio cholerae* epidemic strains. *Defence Sci J.* 2016;66(5):479-484.
84. Batiha G.E., Beshbishy A.M., Wasef L.G., Elewa Y.H., Al-Sagan A.A., Abd El-Hack M.E. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): A review. *Nutrients.* 2020;12(3):872. <https://doi.org/10.3390/nu12030872>
85. Keyaerts E., Vijgen L., Pannecouque C., Damme E.V., Peumans W., Egberink H. Plant lectins are potent inhibitors of coronaviruses by interfering with two targets in the viral replication cycle. *Antiviral Res.* 2007;75(3):179-187.
86. Thuy B.T., My T.T., Hai N.T., Hieu L.T., Hoa T.T., Loan H.T. Investigation into SARS-CoV-2 resistance of compounds in garlic essential oil. *ACS Omega.* 2020;5(14):8312-8320. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00772>
87. Nafissa B.; Abdelkrim M.; Abderrahmane R.; Abdelkrim K.; Fatma, G. Etude préliminaire de l'Effet de l'ail (*Allium sativum* L.) chez des malades atteints du SARS-CoV-2. *Alger. J. Health Sci.* 2021;(3):9-14.
88. Donma M.M., Donma O. The effects of *Allium Sativum* on immunity within the scope of COVID-19 infection. *Med Hypotheses.* 2020;144:109934. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109934>

About the Authors:

Jemal Kadu Hasan – Researcher,
<https://orcid.org/0009-0003-3761-9069>, kadujemal@gmail.com
Abera Seboka Yami – Researcher, aberaseboka43@gmail.com
Об авторах:

Джема́л Ка́ду Ха́сан – научный сотрудник,
<https://orcid.org/0009-0003-3761-9069>, kadujemal@gmail.com
Абе́ра Се́бока Я́ми – научный сотрудник, aberaseboka43@gmail.com

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-70-81>
УДК: 635.25:581.19:631.524.85

Н.А. Голубкина¹, В.И. Немтинов²,
З.А. Амагова³, А.А. Кошеваров¹

¹ Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
"Федеральный научный центр овощеводства"
(ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская область,
Одинцовский район,
п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д.14

² Научно-исследовательский
Институт Сельского Хозяйства Крыма
295043, Россия, Республика Крым, Симферополь,
Киевская ул., 150

³ Чеченский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства
366021, Россия, г. Грозный

*Автор для переписки: segolubkina45@gmail.com

Вклад авторов: Голубкина Н.А.: концептуализация, изучение литературы, написание текста и редактирование рукописи. Немтинов В.И.: курирование данных, редактирование рукописи. Амагова З.А.: участие в библиографическом поиске и оформлении рукописи. Кошеваров А.А.: библиографический поиск, форматирование рукописи. Все авторы участвовали в написании статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Голубкина Н.А., Немтинов В.И., Амагова З.А., Кошеваров А.А. Лук репчатый. Биологическая активность, антиоксиданты, устойчивость к неблагоприятным факторам среды. *Овощи России*. 2025;(2):70-81. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-70-81>

Поступила в редакцию: 19.12.2024

Принята к печати: 20.02.2025

Опубликована: 15.04.2025

Nadezhda A. Golubkina^{1*}, Viktor I. Nemtinov²,
Zarema A. Amagova³, Andrew A. Koshevarov¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Seletsiionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, 143072, Russia

² Crimean Agricultural Institute
150, Kievskaya str., Simferopol,
Republic of Crimea, 295043, Russia

³ Chechen Scientific Institute of Agriculture
Grozny, 366021, Russia

*Corresponding Author: segolubkina45@gmail.com

Authors' Contribution: Golubkina N.A.: conceptualization, conceived the review topics and involved in the bibliographic search, as well as writing the draft and final version of the manuscript. Nemtinov V.I.: data curation and critical revision of the manuscript's final version. Amagova Z.A.: was involved in the bibliographic search and manuscript formatting. Koshevarov A.A.: was involved in the bibliographic search and manuscript formatting. All the authors participated in writing the manuscript.

For citation: Golubkina N.A., Nemtinov V.I., Amagova Z.A., Koshevarov A.A. *Allium cepa*. Biological activity, antioxidants, tolerance to unfavourable environmental factors. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):70-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-70-81>

Received: 19.12.2024

Accepted for publication: 20.02.2025

Published: 15.04.2025

Лук репчатый. Биологическая активность, антиоксиданты, устойчивость к неблагоприятным факторам среды

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Производство и использование лука репчатого является важнейшим элементом питания и поддержания здоровья человека. В обзоре рассмотрена совокупность биологически активных соединений лука, определяющих биологическое действие, особенности распределения антиоксидантов и углеводов между внешними и внутренними чешуями, изменения содержания и распределения биологически активных соединений и химических элементов при разных формах абиотического стресса: высоких температурах, засухе, подтоплении, воздействии тяжелых металлов, а также обсуждаются факторы, влияющие на остроту лука репчатого и уровни накопления природных антиоксидантов. Особое внимание уделено соединениям серы- алкенил цистеин сульфоксидам, полифенолам и флавоноидам, стеролам, фруктоолигосахаридам, органическим кислотам, аминокислотам и минералам. Рассмотрены вопросы селекции лука на устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Представленные материалы могут явиться основой для направленного получения лука репчатого с высоким урожаем и высокими показателями качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Allium cepa*, пищевая ценность, лечебные свойства, устойчивость к оксидантному стрессу

Allium cepa. Biological activity, antioxidants, tolerance to unfavourable environmental factors

ABSTRACT

Production and utilization of *Allium cepa* is the basis of nutritional value and the human health maintenance. The review discusses the main onion biologically active compounds, determining the biological activity of this vegetable, peculiarities of antioxidant and carbohydrate distribution between inner and outer scales, changes in the content and distribution of biologically active compounds and chemical elements in conditions of various abiotic stresses: high temperature, drought, flooding and heavy metal loading. Factors affecting onion pungency and natural antioxidant distribution are included. Special attention is paid to sulphur derivative alkenyl cysteine sulfoxides, and polyphenols and flavonoids, sterols, fructooligosaccharides, organic acids, amino acids, and minerals. Onion selection on tolerance to the unfavorable environmental factors is discussed. The presented data may be the basis for the direct production of *Allium cepa* with high yield and valuable nutritional characteristics.

KEYWORDS: *Allium cepa*, nutritional value, medicinal properties, tolerance to oxidative stress

1. Производство и биологическое действие

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) относится к семейству *Amaryllidaceae* и является одним из наиболее древних культивируемых видов. Согласно данным FAOSTAT [1] важными производителями лука репчатого в мире на 2022 год являются Индия (31687000 т/год), Китай (24542011,2 т/год), Египет (3663943,34 т), США (2918958 т), Бангладеш (2517070 т), Турция (2350000 т), Пакистан (2062336 т), Индонезия (1982360,22 т), Иран (1900000 т), Россия (1855900 т) и Алжир (1763117,95 т). В процентном отношении наибольшая доля производства приходится на страны Азии и Африки, в то время как производство лука в Америке, Океании и Европе в 7-21 раз ниже (рис.1).

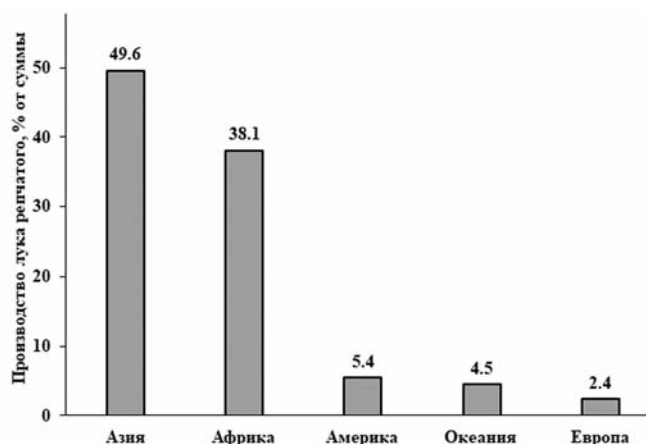


Рис. 1. Доля валового производства лука репчатого по разным регионам и континентам мира [1]
Fig. 1. Total *Allium cepa* production in different regions and continents of the world

Лук репчатый – двулетняя культура. Цвет внешних чешуй варьирует от белых до темно-красных в зависимости от наличия или отсутствия пигментов антиоксидантного действия (антоцианов и полифенолов) [2,3]. Генетические особенности определяют различия в морфо-физиологических характеристиках, фотопериоде, размерах луковицы, ее форме, цвете и биохимическом составе [4].

Пищевая ценность и антиоксидантный статус луковиц определяется совокупностью многочисленных показателей, таких как содержание сухого вещества, растворимых соединений, макро- и микроэлементов, сахаров, аминокислот, лектинов, пировиноградной кислоты, тиосульфидов, сапонинов, полифенолов и флавоноидов [5]. В совокупности эти соединения обеспечивают высокую биологическую и фармакологическую активность лука, известного своими антиоксидантными, противогрибковыми, антиканцерогенными, противовоспалительными свойствами, способностью препятствовать образованию тромбов и снижать уровень холестерина в крови [5] (рис.2). Среди этих соединений тиосульфиды определяют также аромат и вкус лука. Количественный и компонентный состав производных серы определяются как генотипом, так и внешними факторами: температурой, количеством осадков, плодородием почвы [6]. Лук известен своим антимикробным, кардиопротекторным, противогельминтным, гипогликемическим, противоревматоидным, антиспазмолитическим, диуретическим, антисептическим и противоастматическим действием (рис.2). Кроме того, лук репчатый улучшает качество спермы, лечит хронический кашель, а также предотвращает атеросклероз, очищает септические раны и заживляет язвы [7].



Рис. 2. Лечебные свойства лука репчатого
Fig.2. Medicinal properties of *A. cepa*

Эпидемиологические исследования в Западной Европе, выполненные на группе жителей с различным уровнем потребления лука, выявило статистически значимое снижение заболеваний рака полости рта, глотки, гортани, молочной железы, яичников, предстательной железы и почечно-клеточного рака в группе, потреблявшей значительные количества лука репчатого [8].

2. Важнейшие биологически активные соединения

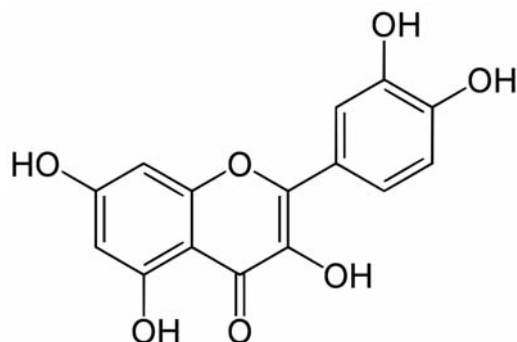
Широкий спектр положительного действия лука на здоровье человека связан с присутствием важных химических соединений, таких как флавоноиды, алкенил цистеин сульфоксиды (ACSO), фрукто-олигосахариды, пищевые волокна, стероидные сапонины [5], а также эссенциальные микроэлементы, включая Se, Mn и Fe (Рис.3).



Рис. 3. Наиболее важные биологически активные соединения и эссенциальные микроэлементы в *Allium cepa*
Fig. 3. The most significant biologically active compounds of *A. cepa*

В последнее время все большее внимание обращают на идентификацию вторичных метаболитов пищи, таких как сапонины, не являющиеся эссенциальными микронутриентами, но влияющие на гомеостаз организма человека и поддержание здоровья [5]. Такой интерес связан с данными эпидемиологических исследований, показавших, что полувегетарианская диета снижает частоту хронических и острых воспалительных заболеваний, в частности, атеросклероза и рака. Луковицы также являются важными источниками диетических полифенолов, включающих огромное количество соединений с высокой антиоксидантной активностью [9]. Они защищают организм человека от разрушения клеток, окисления ДНК, белков и липидов, вызванных воздействием свободных радикалов (ROS), играющих важную роль в процессах старения, развития и возникновения различных заболеваний.

Важнейшим флавоноидом лука является кверцетин.



Формула кверцетина. *Quercetin formula*

Кверцетин способен защищать липиды низкой плотности от перекисного окисления, снижая, таким образом, риск кардиологических заболеваний [5]. Экспериментальные исследования доказали защитный эффект кверцетина в процессах, сопровождающих развития рака: активации канцерогенов, образовании клеточных сигналов, регулировании клеточного цикла, ангиогенезе, окислительном стрессе, воспалении. Кроме того, кверцетин и другие флавоноиды также оказывают положительное действие на работу желудочно-кишечного тракта благодаря противовоспалительному, антиспазмолитическому и антидиарейному действию [10].

Исследование влияния приема флавоноидов добровольцами выявило, что содержание соответствующих гликозидов в плазме крови (кверцетин-3-гликозид и изорамнетин-4-гликозид) значительно повышалось после приема лука и сопровождалось возрастанием устойчивости лимфоцитарной ДНК к разрыву цепи уже через 4 часа после введения флавоноидов и значительным снижением уровня окисления ДНК [7]. Другие исследования выявили эффективный гидролиз моно- и дигликозида кверцетина в малой кишке под действием β -гликозидазы до кверцетина, большая часть которого абсорбировалась. Следует отметить, что абсорбция диетических гликозидов кверцетина у человека составляет 20-50 %, причем, остаток сахара является важным детерминантом биодоступности, поскольку время абсорбции колеблется от менее 0.5 часа до 9 часов, в зависимости от типа гликозида. Для 4'-гликозида кверцетина уровень в плазме максимален через 1–1.5 часа после приема, что составляет всего 0.2% экскреции с мочой. Установлено, что кверцетин абсорбируется у человека из пищи до значимых уровней, повышая антиоксидантную активность плазмы [7,11]. Алкил сульфиды и диаллил дисульфиды проявляют защитный эффект от возникновения и развития рака, путем модуляции ферментов, участвующих в метаболизме канцерогенов. Более того, S-метил-L-цистеин сульфоксид проявляет гиполипидемическое действие, а также антигипергликемическую активность, а α -сульфинил-дисульфиды препятствуют образованию тромбов [7]. Алкенил цистеин сульфоксиды (ACSO) также проявляют противогрибковое и антибактериальное действие [9].

Фруктаны лука стимулируют рост специфических микроорганизмов в прямой кишке (таких как бифидобактерий, лактобактерий) обеспечивая общее положительное действие на работу желудочно-кишечного тракта, а инулин улучшает липидный профиль крови и положительно действует на микрофлору прямой кишки [12].

Сапонины, выделенные из лука, могут действовать как природные лекарственные соединения, эффективные в лечении многочисленных болезней, проявляя противогрибковое, противораковое, анти-спазмолитическое действие, снижая уровень холестерина в крови, защищая от цитотоксичности и препятствуя коагуляции крови [10].

3. Пищевая ценность

3.1. Сухое вещество, пищевые волокна и неструктурированные полисахариды

Содержание сухого вещества в луковицах варьирует в широких пределах от 6 до 25%. При этом при содержании менее 15% лук считается салатным. В то же время следует отметить, что содержание сухого вещества в значительной степени зависит от водного режима [13].

Содержание пищевых волокон (ПВ) в луковицах также значительно варьирует в зависимости от сорта. Тем не менее, общей закономерностью является предпочтительное накопление нерастворимых ПВ во внешних чешуях, где они присутствуют в основном в виде пектин олигосахаридов при небольшом содержании галактозы [12].

Потребление пищевых волокон снижает риск кардиологических и желудочно-кишечных заболеваний, рака прямой кишки, диабета и ожирения. Снижение уровня холестерина в крови в результате потребления пищевых волокон может быть связано со снижением абсорбции липидов, холестерина и желчных кислот.

Содержание водорастворимых пищевых волокон значительно ниже, чем не растворимых, во всех частях луковиц, а предпочтительным углеводом является галактоза. Соотношение растворимых/нерастворимых ПВ для лука репчатого составляет от 3 до 7 и является оптимальным для здоровья человека.

Неструктурированные углеводы лука репчатого включают фруктаны, сахарозу, глюкозу и фруктозу [12]. Степень полимеризации фруктанов низкая [14], содержание фрукто-олигосахаридов составляет около 2.8%, в то время как содержание общих фруктанов достигает 60%, а степень полимеризации фруктанов прямо пропорциональна их содержанию [15].

Как природные пищевые волокна, фрукто-олигосахариды устойчивы к ферментативному гидролизу в желудочно-кишечном тракте и остаются стабильными в процессе транспорта в слепой и прямой кишке. Таким образом, поступление с пищей фрукто-олигосахаридов не изменяет концентрацию глюкозы в крови, и эти соединения безопасны для диабетиков. В прямой кишке фрукто-олигосахариды подвергаются ферментативному гидролизу бифидобактериями до короткоцепочечных карбоновых кислот (ацетатов, пропионатов и бутиратов), которые стимулируют рост полезных бифидобактерий и ингибируют процесс колонизации кишечника патогенами. Эти свойства в совокупности со стимулированием очистки кишки, позволяет классифицировать эти соединения как водорастворимые пищевые волокна. Более того, фрукто-олигосахариды вызывают снижение уровня холестерина, фосфолипидов и триглицеридов в сыворотке крови [12].

В сортах с низким содержанием сухого вещества фруктаны гидролизуются до фруктозы – важного осморегулятора, – в то время как в сортах с высоким содержанием сухого вещества фруктаны не гидролизуются из-за генетической неспособности абсорбировать воду. В целом наиболее высокие концентрации фрукто-олигосахаридов и сахаров

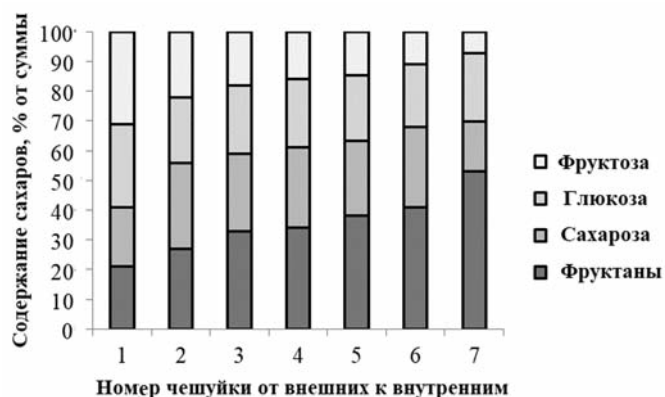


Рис. 4. Распределение углеводов в луковицах *A. cepa* [16]
Fig. 4. Carbohydrate distribution in *A. cepa* bulbs

выявлены во внутренних чешуях, и наоборот: наибольшая концентрация фруктозы установлена во внешних чешуях (рис 4) [16-18]. Концентрация глюкозы и сахарозы относительно стабильны, в то время как содержание фрукто-олигосахаридов наименьшее во внешних чешуях луковицы [12].

Таблица 1. Содержание органических кислот в луковицах (мг/100 г сырой м.) [20]
Table 1. Organic acid content in onion bulbs

Органические кислоты Organic acids	Среднее Mean	CV (%)	Интервал концентраций Concentration range
Глутаминовая Glutaminic	325	40,9	192-433
Лимонная Citric	48,5	49,7	31,1-75,3
Яблочная Malic	43,6	23,9	31,1-50,3
Винная Tartaric	18,8	45,7	8,9-25,2
Щавелевая Oxalic	11,3	32,7	6,6-14,6
Аскорбиновая Ascorbic	3,75	30,1	2,03-4,84
Фумаровая Fumaric	0,24	58,3	0,16-0,47
Пировиноградная (мкМ) Pyruvic	3,51	50,1	1,68-4,26
pH	5.55	2.5	5,47-5,67
Общая кислотность Total acidity	0.113	14.2	0,099-0,115
Водорастворимые соединения (° Brix), % Water soluble compounds	6.0	30.0	4,9-8,6

Следует отметить, что существует прямая корреляция между содержанием сухого вещества и содержанием фруктанов [17]. В качестве основных компонентов углеводов луковицы фруктаны ферментативно гидролизуются в процессе хранения до фруктозы, как источника энергии для проростков.

Исследование 22 сортов *A. cepa* выявило, что общее содержание сахаров существенно более устойчиво ($CV=5.9\%$) [16], чем содержание моносахаров ($CV=26\%$), уровень которых обратно пропорционален содержанию сухого вещества ($r = -0.91$; $P < 0.001$) [19]. Эти взаимосвязи указывают, что наиболее хорошо хранящиеся сорта имеют наименьшее содержание моносахаров, а сорта, пригодные для салатов, наиболее богаты глюкозой и фруктозой.

По данным Shiomai et al. [12], содержание фруктанов непосредственно связано с содержанием сахарозы, остротой

лука и интенсивностью агрегации тромбоцитов. Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что луковицы с высоким содержанием фруктанов абсорбируют и удерживают меньше воды, способствуя повышению концентрации водорастворимых углеводов и тиосульфидов, ответственных за остроту лука и подавление агрегации тромбоцитов. Фрукто-олигосахариды с более высоким уровнем полимеризации гидролизуются быстрее, чем фруктаны с меньшей степенью полимеризации, что обеспечивает поддержание градиента сахарозы и фруктозы.

3.2. Кислотность

Совместно с алкенил цистеин сульфоксидами (ACSO), органические кислоты влияют на органолептические свойства луковиц, участвуя во многих метаболических процессах, регулируя кислотность и pH сока луковицы. Экспериментальные данные показывают, что лук характеризуется широким интервалом концентрации органических кислот, среди которых первое место по содержанию занимает глутаминовая кислота (табл. 1). Показательно, что наименьший коэффициент вариации характерен для яблочной кислоты (23,9%) и наибольший – для фумаровой (58,3%) [20].

Органические кислоты неравномерно распределены в луковице с наибольшим уровнем яблочной кислоты во внешних чешуях и лимонной во внутренних [18], что косвенно подтверждает протекторное действие яблочной кислоты от воздействия разных форм оксидантного стресса [21]. Содержание аскорбиновой кислоты в луковицах относительно низкое и не влияет существенно на антиоксидантные свойства лука. Наибольшие уровни аскорбиновой кислоты характерны для салатных луков с низким уровнем сухого вещества [19]. По данным Hallman и Rembiałkowska [22], красный лук содержит больше аскорбиновой кислоты, чем желтый и белый. Уровни органических кислот взаимосвязаны, что проявляется в значимых коэффициентах корреляции между содержанием пировиноградной кислоты и яблочной, щавелевой и лимонной кислотами, щавелевой и лимонной кислотами ($r=0,71, 0,65$ и $0,66$).

3.3. Минеральный состав

Уровень аккумуляции макро- и микроэлементов определяется генетическими факторами, климатом, гормональным статусом, взаимодействием нутриентов и типом почвы [23].

Для лука, выращенного в Московской области [24], содержание макроэлементов снижалось в ряду: $K > P > Ca > Mg$, в то время как снижение уровня накопления микроэлементов соответствовало ряду: $Fe > Si > Zn > Mn > B > Cu$. Как и для многих других сельскохозяйственных культур, для лука репчатого установлена положительная корреляция между Mn и Fe [24,23]. Высокий коэффициент корреляции между Fe и Mn ($r=0,94$; $P<0,001$) свидетельствует о стабильности соотношения Fe/Mn ($CV = 11\%$), что представляется важным для развития растения [23]. Более того, положительная корреляция между Cu и Mn в луковицах ($r=0,65$; $P<0,001$) находится в хорошем соответствии с данными возрастания уровня накопления Cu при внесении Mn [23]. Установлено, что способность луков аккумулировать макро- и микроэлементы снижается в ряду: желтые сорта > белые сорта > красные сорта [25].

Помимо генетических факторов на абсорбцию химических элементов влияет технология выращивания: Так, в условиях органического земледелия луковицы накапливают больше Mg и Cu, но меньше Mn, Fe, Zn и Co по сравнению с традиционным земледелием [26]. Тем не менее, не зависимо от условий выращивания потребление лука репчатого обеспечивает поступление в организм человека значительного количества Fe, Mn и Cu (рис. 5); Это обеспечивает возможность использования лука при железо-дефицитной анемии, нарушении развития костной ткани, нарушении активности мозга и для оптимизации кроветворения [7].

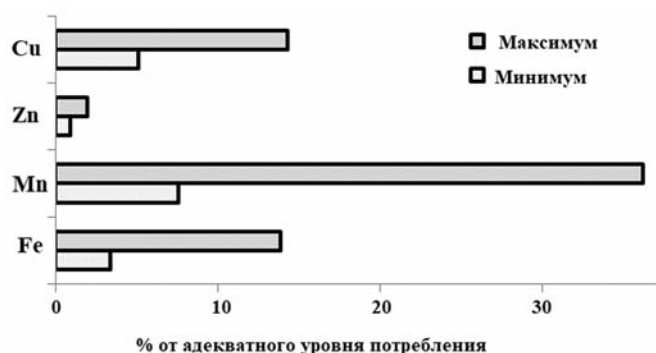


Рис. 5. Уровни поступления Fe, Mn, Zn, Cu с 100 г лука репчатого, выращенного в Московской области [24]
Fig. 5. Consumption levels of Fe, Mn, Zn, Cu with 100 g of onion grown in Moscow region

3.4. Антиоксиданты лука

Важнейшими антиоксидантами лука являются соединения серы, полифенолы, сапонины и органические соединения селена, способные защитить организм человека от воздействия свободных радикалов и других активных форм кислорода [7]. Сравнение антиоксидантной активности экстракта тканей репчатого лука с другими источниками антиоксидантов показало, что в среднем 5,5 порций лука по уровню антиоксидантов эквивалентно 2 чашкам чая, 4 яблокам, 3,5 стаканам сока черной смородины, 7 стаканам апельсинового сока или 20 стаканам яблочного сока [27].

3.4.1. S-Алкенил цистеин сульфоксиды (ACSO)

Содержание органических производных серы в луке возрастает с повышением температуры и практически не зависит от стадии развития растения [28].

S-Алкенил цистеин сульфоксиды (ACSO) локализируются в цитоплазме внутренних чешуй лука и определяют специфический запах при измельчении луковицы. При разрушении клеточных стенок и освобождении аллииназы из вакуолей эти соединения легко гидролизуются (рис. 5) с образованием целой серии соединений: сульфеновых кислот, тиосульфидов, лакриматорного фактора, цепаена и цис-цвибеланов. Все эти соединения ингибируют агрегацию тромбоцитов, проявляют антибиотические свойства и снижают уровень холестерина в крови [7].

В луковицах А. сера идентифицированы 4 S-алкенил цистеин сульфоксида (ACSO), из которых наиболее распространенными являются транс-(+)-S-1-пропенил-L-цистеин сульфоксид, (+)-S-метил-L-цистеин сульфоксид и (+)-S-пропил-L-цистеин сульфоксид [29]. В совокупности, аромат лука определяется концентрацией ACSO, присутствием более чем 80 производных серы, а также несколькими водорастворимыми углеводами (рис. 6).

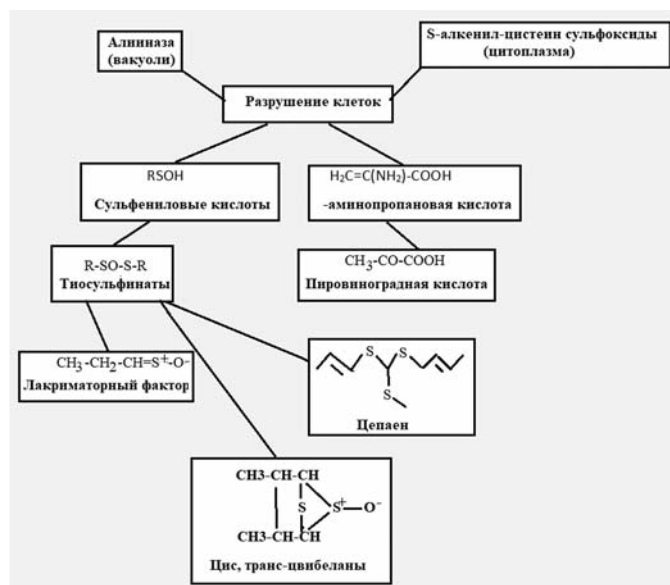


Рис. 6. Образование лакриматорного фактора
Fig. 6. Formation of lachrymator factor

Оценку остроты лука осуществляют путем определения содержания пировиноградной кислоты- побочного продукта деградации ACSO [30]. Содержание пировиноградной кислоты также проявляет положительную корреляцию с водорастворимыми соединениями. Показательно, что концентрация пировиноградной кислоты менее 3 мкМ/г характерна для сладкого лука, уровень 3-7 мкМ/г характерен для лука средней остроты и > 7 мкМ/г для острого лука. Следует отметить, что раннеспелые сорта лука обычно характеризуются малой остротой, а белый лук слаще, чем желтый и красный [30].

Установлено, что острота лука определяется не только генетическими факторами, но также воздействием окружающей среды и технологией возделывания. Так, острота лука возрастает при повышении температуры, в условиях водного стресса, высокой плотности посадки и засолением, а также при использовании серо- содержащих удобрений [6] (рис. 7). Внесение азота также может увеличить синтез ACSO путем образования метил, пропил и 1-пропенил цистеин сульфоксидов [31,32].

Обогащение лука селеном- известным антагонистом серы, снижает остроту лука в результате замещения серы а селен [33].



Рис. 7. Факторы, влияющие на остроту лука репчатого
Fig. 7. Factors affecting onion pungency

3.4.2. Полифенолы и флавоноиды

Полифенолы и флавоноиды- одни из самых важных биологически активных соединений в овощах и фруктах, обеспечивающих положительное действие на здоровье человека [4]. Из 28 овощей и 9 видов фруктов лук занимает первое место по концентрации кверцетина [34] среди сельскохозяйственных культур [35].

Высокие концентрации кверцетина обеспечивают хелатирование ионов переходных металлов, улавливание свободных радикалов и защиту клеточных стенок от перекисного окисления липидов. Оптимизация антиоксидантной защиты организма под действием кверцетина обеспечивает повышение иммунитета и снижение рисков кардиологических и онкологических заболеваний. Известно, что кверцетин снижает канцерогенную активность некоторых мутагенов пищи и ингибирует ферментативную активность, связанную с некоторыми формами рака [36]. Кверцетин проявляет также антитромбоцитарную и противовоспалительную активность. Уровень потребления кверцетина населением обратно пропорционален смертности от ишемической болезни сердца [37]. Описано положительное действие кверцетина при лечении больных аллергией, астмой, артритом, раком, осложнениями диабета, нейродегенеративными заболеваниями и остеопорозом [36]. Внешние чешуи красного лука проявляют высокую АОА, ингибируют активность фосфодиэстеразы 5А, оказывая положительное действие при лечении сексуальной дисфункции [38]. С другой стороны, несмотря на свои антиканцерогенные, противовирусные и антиоксидантные свойства, флавоноиды, и кверцетин в том числе, при аномально высоких концентрациях могут выступать в роли мутагенов, прооксидантов и ингибиторов активности ключевых ферментов [36]. Дозозависимый эффект кверцетина был установлен на репродуктивной активности крыс, что объясняет хорошо известный факт возможности снижения фертильности при приеме высоких доз флавоноидов, имитирующих природные эстрогены [39].

Благодаря присутствию гидроксильных групп в молекуле кверцетина, его метилированные производные и гликозиды широко распространены в природе. В луке репчатом идентифицировано около 16 различных флавоноидов, включая агликоны (соединения со свободными гидроксильными группами, например, кверцетин), гликозилированные производные кверцетина, изорамнетин (метильный эфир кверцетина) и его гликозиды, рутин и кемпферол. В луке репчатом до 93%

общего количества флавоноидов представлено кверцетин 4'-моно- и 3,4'-ди-гликозидами [40]. Аналогичные производные кемпферола и изорамнетина присутствуют в существенно меньших концентрациях. Производные дигидрокверцетина, такие как таксифолин и его 3-, 7- и 4'-гликозиды, также были идентифицированы в *Allium sera*. Несмотря на ограничения в структурных вариациях производных дигидрокверцетина, уровень таксифолина и его 7-гликозида в ряде случаев может достигать 98.1 и 5.9 мг/кг на сырую массу соответственно (итальянский сорт "Тропеа") [41]. Средний уровень кверцетина в луковицах *A. sera* составляет около 300 мг/кг сырой массы, что существенно выше, чем в других овощах. Показано, что *A. sera* может обеспечить до 70% всех флавоноидов для организма человека при использовании обычной диеты. Среди флавоноидов моно- и дигликозиды кверцетина проявляют одинаковую биологическую активность [41] а величина их антиоксидантной активности вдвое выше, чем антиоксидантная активность кверцетина чая; более того, абсорбция гликозидов кверцетина в желудочно-кишечном тракте вдвое выше, чем абсорбция кверцетина яблок [36].

Наибольшее количество кверцетина и его производных локализовано во внешних чешуях луковицы [42,2,43,44]. При этом свободный кверцетин присутствует в основном во внешних сухих чешуях, где его концентрация составляет до 53.2% от общего количества флавоноидов [45], и его концентрация постепенно снижается к центру луковицы. Более того, кверцетин 4'-β-О-моноголикозид накапливается как во внутренних, так и внешних чешуях, в то время как 3,4' β-О-дигликозид обнаружен только во внутренней части луковицы. Биодоступность кверцетина внешних чешуй вдвое выше, чем внутренних. Кроме того, количество флавоноидов во внешних чешуях превышает соответствующую величину для внутренних чешуй в 5-7,5 раз [45].

Поскольку существует прямая корреляция между содержанием флавоноидов и общей антиоксидантной активностью [46], очевидно, что внешние чешуи имеют также и наибольшую величину антиоксидантной активности [9]. Антиоксидантная активность красных луков в основном определяется наличием антоцианов, представленных преимущественно цианидином и его гликозидами [41].

Внешние чешуи лука также богаты протокатеховой кислотой (Рис. 8), проявляющей сильные антиоксидантные, противовоспалительные, антигипергликемические, антибактериальные, антиканцерогенные, антиспазматические и нейрорегулирующие свойства [47].

Протокатеховая кислота ингибирует химически индуцированный канцерогенез и проявляет анти-пролиферативный

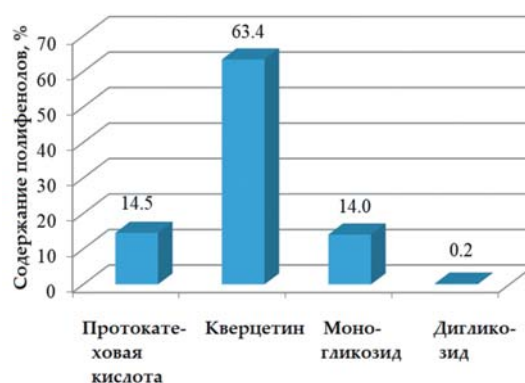


Рис. 8. Средние уровни накопления важнейших полифенолов внешних чешуй лука репчатого [48]
Fig. 8. Mean accumulation levels of the most important polyphenols in the outer scales of onion [48]

эффект в различных тканях [47]. Эта кислота считается одной из важнейших метаболитов сложных полифенолов, таких как антоцианы, процианины и кверцетин, и проявляет мощный синергизм с кверцетином против *Pseudomonas aeruginosa* [49].

Уровни флавоноидов и антоцианов могут значительно варьировать в луке. Так, уровни аккумуляции антоцианов находятся в интервале от 39 до 240 мг/кг сырой массы, а в некоторых сортах концентрации этих соединений могут достигать 10% от общего содержания флавоноидов.

Еще выше вариабельность содержания полифенолов в луковичах по сравнению с вариабельностью флавоноидов и антоцианов. По данным Kavalkova et al [50], 6 сортов лука содержали полифенолов от 143 (белые сорта) до 1083 мг-экв ГК/кг (красные сорта), что находится в хорошем соответствии с данными других авторов [51,46]. Интервал концентрации кверцетина в луковичах 85 сортов лука репчатого (55 желтых, 3-розовых, 6 красных и 11 белых) также оказался велик: от 0.2 до 286.0 мг/кг сырой массы [52]. Другие исследователи отмечают интервал концентраций от 18 до 1495 мг кверцетина/кг [53,42,52,34]. Результаты показывают, что белые луки содержат следы кверцетина, а наибольший уровень кверцетина характерен для красных сортов. Концентрация кверцетина в 22 сортах лука, выращенного в Московской области, составила интервал от 2,29 до 15,58 мг/г сухой массы при коэффициенте вариации 21,4% [19].

3.4.3. Сапонины

Несмотря на то, что полифенолы, фруктоолигосахариды и ACSO являются важнейшими биологически активными соединениями лука, отдельные исследования указывают на то, что сапонины также играют важную роль в общей биологической активности луков [54]. Эти соединения широко распространены в растениях и часто используются как субстраты для производства стероидных гормонов и лекарственных препаратов.

Стероидные сапогенины и сапонины идентифицированы более чем в 40 различных видов *Allium*, при этом *Allium sepa* содержал высокие уровни этих соединений: диосгенин, сенагенон, аллилспирозиды A-D, аллилфуриозид A, сепарозиды A-D, сепазиды A, B1, C1. Большинство этих соединений содержат линейную или разветвленную цепь полисахаридов с остатками глюкозы, рамнозы, галактозы, ксилозы и арабинозы [55]. Сорта белого лука содержат сепазиды A, B и C [5] с выраженной противогрибковой активностью, уменьшающейся в ряду: сепазид A > сепазид B > сепазид C. Наблюдался также эффект синергизма между этими соединениями в отношении противогрибковой активности к *Botrytis cinerea* и *Trichoderma atroviride*. Напротив, указанные сепазиды проявляли низкую эффективность против *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Sclerotium cepivorum* и *Rhizoctonia solani*. Стероидные гликозиды из итальянского красного лука 'Торпеа' (тропеозиды A₁, A₂, B₁, B₂) проявляли спазмолитическое действие на изолированной подвздошной кишке морских свинок, и это явление объясняет традиционное использование лука в лечении желудочно-кишечных заболеваний [10].

Несмотря на сравнительно низкое содержание стероидных гликозидов в *Allium sepa*, предполагают, что они вносят существенный вклад в биологическую актив-

ность благодаря высокой стабильности в отличие от неустойчивых серу-содержащих соединений. Действительно, высокая цитотоксичность сапонинов лука делает их потенциальными кандидатами для разработки антираковых препаратов. Более того, отдельные сапонины проявляют противовоспалительное, антигрибковое, антипаразитарное, антибактериальное, антимикробное и противовирусное действие. Установлено, что сапонины также способны стимулировать абсорбцию желчных кислот пищевыми волокнами в кишечнике, выводя их с фекалиями, и снижать уровень холестерина в крови [54]. Эти соединения защищают также организм человека от рака, разрушая раковые клетки, богатые холестерином.

3.5. Аминокислоты

При созревании луковича аминокислоты переносятся из листьев в луковичу. Аргинин и глутамин, активно участвующие в метаболизме, составляют основные свободные аминокислоты лука. Следует отметить, что свободные аминокислоты играют ключевую роль в биосинтезе летучих соединений, определяющих аромат лука, поскольку цистеин и глутатион являются предшественниками нескольких γ-глутамил пептидов, которые в свою очередь служат предшественниками ACSO [31].

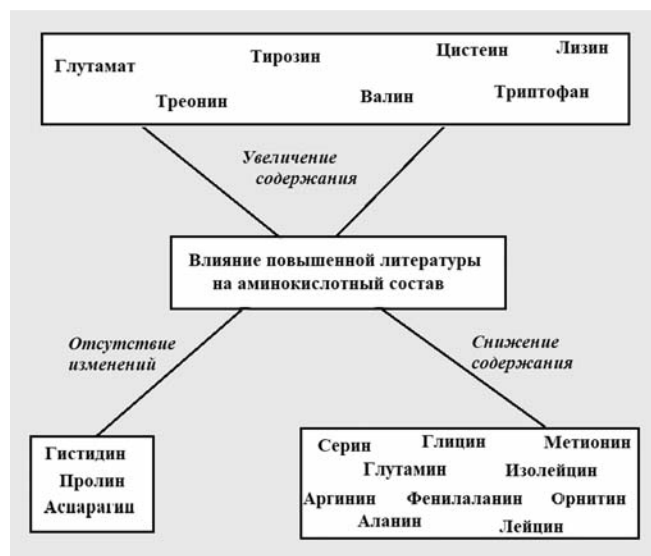


Рис. 9. Влияние повышенных температур на аминокислотный профиль лука репчатого
Fig. 9. Effect of elevated temperature on amino acid profile of *A. sepa*

В связи с этим обращает внимание факт, что повышенные температуры оказывают разное влияние на различные аминокислоты. Так, с повышением температуры воздуха возрастает содержание глутамата, треонина, тирозина, валина, цистеина, лизина и триптофана и снижается уровень серина, глицина, глутамина, аргинина, метионина, изолейцина, орнитина, лейцина, фенилаланина и аланина (рис. 9), а содержание аспарагиновой кислоты, гистидина и пролина не изменяется. Поскольку, согласно литературным данным, содержание аминокислот коррелирует с интенсивностью вкуса лукович, выбор времени посадки и сбора урожая является важным фактором, определяющим вкус и качество продукции [2].

4. Лук в условиях стресса

4.1. Тяжелые металлы

При значительных межсортовых различиях в накоплении Cd и Pb [56, 57] распределение тяжелых металлов по органам лука является не однородным. Подробная оценка интенсивности накопления тяжелых металлов луком репчатым в условиях гидропоники [58] выявила разный характер отзывчивости корней, листьев и луковиц растения на используемую нагрузку. Так, из 10 металлов Mn, Sr, Zn в наибольшей степени накапливались листьями. Напротив, луковицы оказались наиболее отзывчивыми к Mn, Pb и Cd, в то время как корни лука в наибольшей степени накапливали Mn, Zn, Cd (рис. 10).

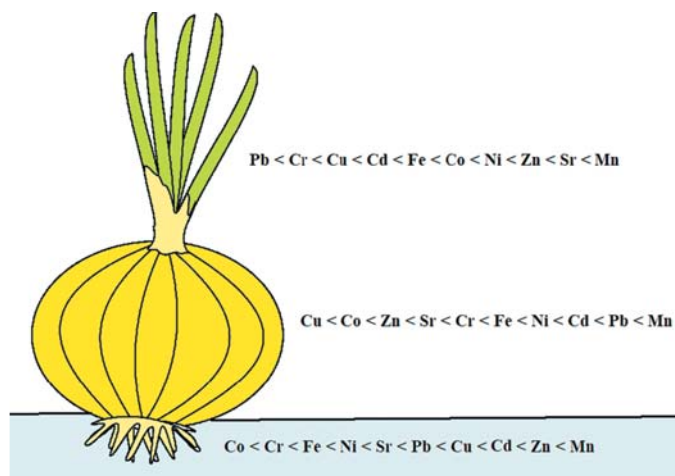


Рис. 10. Накопление тяжелых металлов листьями, луковицами и корнями лука репчатого в условиях гидропоники [58]

Fig. 10. Heavy metal accumulation by onion leaves, bulbs and roots in hydroponic conditions

Для защиты лука репчатого от хрома показана перспективность использования наночастиц меди как мощного адсорбента и ростостимулятора [59].

Следует отметить, что лук репчатый широко используется также в лабораторном тесте оценки токсичности различных соединений (пестициды, ароматические углеводороды, тяжелые металлы) на основе ДНК анализа [60,61].

Более того, исследования китайских ученых выявили, что семена лука репчатого являются отличным сорбентом тяжелых металлов, позволяя абсорбировать до 99% свинца, меди и кадмия из водного раствора [62], что открывает новые возможности как для очистки сточных вод, так и практического использования невсхожих семян. Установлено, что фито- и цито- токсический потенциал семян лука падает в ряду: $Cd > Cu > Pb > Ni > Al$ и $Cu > Al > Ni > Pb > Cd$ соответственно [63].

4.2. Засоление

Среди овощных культур лук репчатый наиболее чувствителен к засолению [64], приводящему к осмотическому стрессу, снижению биодоступности воды и минералов, таких как K и Ca, замедлению роста и фотосинтеза [65], а также усилению негативного действия *Fusarium oxysporum* [66], снижению аккумуляции серы и усилению остроты лука [65].

Исследование на 36 сортаобразцах лука репчатого, выращенных в условиях засоления, позволило выделить 7 сортаобразцов, характеризовавшихся наименьшим снижением урожая (не более 20%) вследствие засоления [67]. Регрессионный анализ позволил авторам установить важ-

нейшие показатели, определяющие чувствительность лука к солевому стрессу: диаметр луковицы, высота растения, активность аскорбат пероксидазы (APX), величина устьичной проводимости, активность пероксидазы (POX), уровни накопления малонового диальдегида (MDA), индекс стабильности мембран (MSI) и Na/K соотношение в луковице [67]. Авторами было показано, что солеустойчивые сортаобразцы характеризовались более высокими уровнями накопления пролина, высоким антиоксидантным статусом и повышенным индексом стабильности мембран [67]. Исследованиями Venancio et al. [68] было установлено, что применение кремниевое удобрения снижает солевой стресс у репчатого лука, повышает урожай и качество продукции, а также увеличивает содержание органических кислот.

4.3. Засуха

Слабо развитая неглубокая корневая система репчатого лука определяет высокую чувствительность этой культуры к дефициту воды. Снижение интенсивности фотосинтеза, замедление роста, уменьшение размера луковиц, снижение урожая и качества продукции являются типичными характеристиками влияния засухи на рост и развитие репчатого лука. Механизм защиты от дефицита воды включает интенсивный биосинтез пролина, сахаров, малонового диальдегида (MDA) и перекиси водорода [69], а также ферментов антиоксидантного действия, таких как каталазы (CAT), супероксид дисмутаза (SOD) и аскорбат пероксидазы (APX) [70]. Установлено, что устойчивые к засухе генотипы аккумулируют больше пролина и проявляют более высокую активность каталазы и других ферментов антиоксидантного действия [71,72]. Исследование путей защиты лука от оксидантного стресса, вызванного засухой, позволило выявить несколько путей, обеспечивающих нормальное развитие растений, улучшающее абсорбцию нутриентов и препятствующих развитию оксидантного стресса [73] (рис. 11).



Рис. 11. Пути защиты лука репчатого от засухи

Fig. 11. Methods of onion protection against drought

Среди представленных на рисунке 11 данных арбускулярно-микоризные грибы (АМГ) стимулируют рост путем увеличения площади листовой поверхности, содержания сухого вещества в листьях, содержания фотосинтетических пигментов и путем ускорения образования луковиц, что приводит к увеличению урожая и эффективности использования воды, как в отсутствии стресса, так и в условиях засухи. Благодаря образованию гифов и увеличению площади корневой поверхности усиливается усвоение нутриентов, азота и фосфора, в частности, и воды [74-76]. Установлено, что использование актинобактерий улучшает прорастание семян лука в условиях засухи [77]. Биокар стимулирует фотосинтез и оптимизирует минеральное питание, а также увеличивает активность ферментов антиоксидантного дей-

ствия [78]. Гидрогель обеспечивает сохранение воды [79]. Гуминовые кислоты ускоряют рост растений, увеличивают содержание растворимых сахаров и белков, а также активируют ферменты антиоксидантного действия [78]. Высокоэффективным является воздействие фитогормонов: гиббереллина и салициловой кислоты [80-82].

В последние годы все большее значение в защите растений от оксидантного стресса, вызванного засухой, приобретает использование соединений селена [74] и кремния [83,84]. Если селен выступает в роли природного антиоксиданта, то растворимые соединения кремния влияют на гормональный статус растений, улучшают эффективность питания, приводят к морфологическим изменениям в корневой системе, снижают образование малонового диальдегида, повышают урожай и качество продукции.

4.4. Подтопление

Значительное снижение урожайности и качества лука может быть вызвано также наводнениями и повышенной влажностью. Степень негативного воздействия затопления зависит от интенсивности и продолжительности осадков, фенологической стадии растений и чувствительности генотипа. При этом потери урожая при интенсивных осадках в период формирования луковиц могут достигать 50-70% [85]. С физиологической точки зрения негативное влияние избытка воды связано с дефицитом кислорода в почве и снижением аэробного дыхания корней. Эти факторы приводят к задержке роста, замедлению фотосинтеза, снижению способности накапливать питательные вещества, уменьшению содержания сухого вещества и потере урожая [86].

Сравнение биометрических и биохимических показателей 5 сортов лука репчатого, выращенных в Московской и Амурской областях с контрастными условиями доступности воды (перувлажнение в конце (А) и в начале (В) вегетационного периода) выявило значительное снижение массы, высоты и диаметра луковицы, возрастание показателей оксидантной активно-

сти и содержания полифенолов, моносахаров, пролина и малонового диальдегида в условиях подтопления в конце вегетационного периода (А) [84] (рис.12).

Участие пролина, моносахаров, полифенолов и общей антиоксидантной активности в защите растений от гипоксии, вызванной подтоплением, было доказано наличием высоких коэффициентов корреляции между параметрами внутренних чешуй с урожаем (рис. 13).

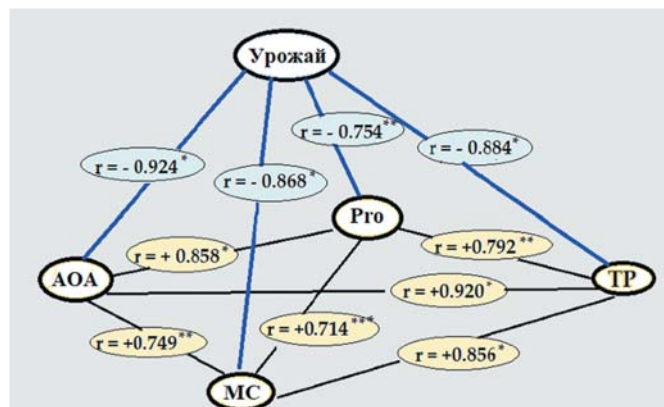


Рис. 13. Взаимосвязь массы луковицы лука репчатого и показателями антиоксидантного статуса (AOA: общей антиоксидантной активности; TP: total содержанию полифенолов; Pro: пролина; MC: моносахаров); * $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.05$
Fig. 13. Relationship between onion yield and antioxidant status (AOA-total antioxidant activity; TP-total phenolics; Pro- proline; MC- monosaccharides)

5. Факторы, влияющие на пищевую ценность и содержание антиоксидантов

Генетические факторы в значительной степени определяют содержание в луковицах сухого вещества, сахаров, водорастворимых соединений, остроту лука, содержание антиоксидантов. Действительно, способность абсорбировать сульфаты из почвы и синтезировать предшественники аромата различаются между сортами, и генетическая наследственность признака, связанного с ферментативным производством пировиноградной кислоты варьирует от 48 до 53% [88]. Интересно отметить, что острые сорта лука способны синтезировать более высокие уровни ACSOs из того же количества соединений серы в тканях [89]. Напротив, вариабельность остроты лука и общего содержания сахаров не различаются значительно между сортами (8 - 10%) [6]. Содержание антиоксидантов в луках также зависит от генотипа [90]. Качество луковиц определяется как генетическими факторами, так и особенностями взаимодействия между генотипом, окружающей средой и технологией возделывания. Так, острота лука может быть функцией как особенностей сорта, так и температурными условиями выращивания, типа и плодородия почвы и доступности воды [6].

Синтез и аккумуляция флавоноидов определяется как генотипом, так и экзогенными факторами, такими как интенсивность освещения, температура, влажность и технология возделывания [91,48]. Особенно важным представляется воздействие света как стресс фактора, стимулирующего биосинтез вторичных метаболитов высокой антиоксидантной активности [91,92]. Ко и др. [91] установил наибольший по интенсивности эффект голубого света ($\lambda = 450$ нм), значительно увеличивающего содержание кверцетина во внутренних чешуях и снижающего его концентрацию в кожуре. Красный свет проявляет такую же способность, но интенсивность воздействия значительно

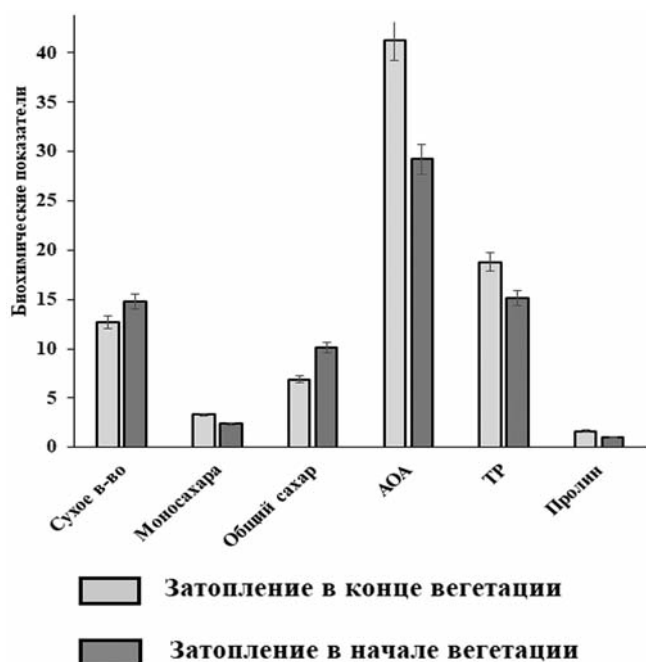


Рис. 12. Изменения биохимических показателей луковиц в результате затопления посадок лука в начале и в конце вегетации (сухое вещество, моносахара, общий сахар, в %, общая антиоксидантная активность, АОА, и полифенолы, TP- в мг-эке галловой кислоты/г сухой массы, пролин, мг/г) [87]
Fig. 12. Changes in onion bulb biochemical parameters in flooding conditions at the beginning and at the end of vegetation [87]

ниже; белый свет показывал противоположный эффект, вызывая предпочтительное аккумулятивное кверцетина в кожуре и снижающего его концентрацию во внутренних чешуях. Наибольшее влияние на аккумулятивное кверцетина оказывает УФ-свет, и этот эффект можно использовать для регулирования накопления флавоноидов в луке

Внешние факторы влияют также на содержание сухого вещества, что непосредственно связано с температурой выращивания [28]. Так красный лук теряет большую часть своей окраски при низких температурах воздуха и почвы и высокой влажности [93]. Общее содержание водорастворимых соединений значительно возрастает с увеличением влажности почвы, возможно, чтобы восполнить потребность культуры к воде и максимально использовать нутриенты при оптимальной доступности влаги почвы, в то время как противоположная закономерность характерна для накопления белка [94].

Абсорбция серы луками и соответственно интенсивность аромата луковок усиливается с повышением температуры. В частности, сера абсорбируется растениями в виде сульфатов, которые восстанавливаются до цистеина, использующегося в синтезе метионина и глутатиона, участвующих в формировании аромата [95]; более того, взаимодействие генетических особенностей сорта и внесения серы может значительно повлиять на накопление сахаров луковками. Общее содержание сахаров в луко-

вицах определяется местом произрастания растения и может быть выше у лука, выращенного на суглинистой почве, чем на глине [6]. Взаимодействие лука с гуминовыми соединениями и арбускулярно-микоризными грибами благоприятствует качеству лука, поскольку способствует наибольшему аккумулятивному листьями растворимых сахаров и белков, которые затем переносятся в луковичу [96].

Заклучение

Исследование биохимических характеристик и биологической активности лука репчатого является важнейшим аспектом оптимизации качества продукции лука, как источника важнейших природных соединений. Высокая пищевая и фармакологическая ценность этой сельскохозяйственной культуры базируется на присутствии многочисленных соединений серы, полифенолов, и кверцетина, в частности, сапонинов, фруктоолигосахаридов и минеральных веществ. Представленный обзор свидетельствует о возможности и необходимости направленного безотходного производства продукции с прогнозируемыми антиканцерогенными, кардиопротекторными и антиоксидантными свойствами, а также указывает на перспективность селекционных исследований с целью создания сортов, устойчивых к неблагоприятным абиотическим факторам (засолению, подтоплению, засухе и т.п.).

• References / Литература

1. Faostat. Production, superficie et productivité de l'oignon. 2023. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
2. Caruso G., Conti S., Villari G., Borrelli C., Melchionna G., Minutolo M., Russo G., Amalfitano C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. *Sci. Hortic.* 2014;(166):111–120.
3. Golubkina N., Caruso G. *Allium cepa*. Chapter 5 in "Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables" ed. Jaiswal, A. Academic press, 2020, Dublin.
4. Yang J., Meyers K.J., Van der Heide J., Liu R.H. Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *J. Agric. Food Chem.* 2004;(52):6787–6793.
5. Lanzotti V. The analysis of onion and garlic. Review. *J. Chromatography A*. 2006;(1112):3–22.
6. Hamilton B.K., Pike L.M., Yoo K.S. Clonal variations of pungency, sugar content, and bulb weight of onions due to sulphur nutrition. *Sci. Hortic.* 1997;(71):131–136.
7. Griffiths G., Trueman L., Crowther T., Thomas B., Smith B. Onions—a global benefit to health. *Phytotherapy Research*. 2002;16(7):603–615. <https://doi.org/10.1002/ptr.1222>
8. Galeone C., Pelucchi C. Onion and Garlic Use and Human Cancer. American Society for Nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 2007;84(5):1029–1030.
9. Kim S. J., Kim G.H. Quantification of quercetin in different parts of onion and its DPPH radical scavenging and antibacterial activity. *Food Sci. Biotechnol.* 2006;(15):39–43.
10. Corea G., Fattorusso E., Lanzotti V., Capasso R., Izzo A.A. Antispasmodic saponins from bulbs of red onion, *Allium cepa* L. var. *Tropea*. *J. Agric. Food Chem.* 2005;53(4):935–940.
11. Aghababaei F., Hadidi M. Recent Advances in Potential Health Benefits of Quercetin. *Pharmaceuticals*. 2023;(16):1020. <https://doi.org/10.3390/ph16071020>
12. Shiomi N., Benkeblia N., Onodera, S. The metabolism of the fructooligosaccharides in onion bulbs: a comprehensive review. *J. Appl. Glycosci.* 2005;(52):121–127.
13. Biswas S.K., Khair A., Sarker P.K., Alom M.S. Yield and storability of onion (*Allium cepa* L.) as affected by various levels of irrigation. *Bangladesh J. Agric. Res.* 2010;35(2):247–255.
14. Muir J.G., Shepherd, S.J., Osella O., Rose R., Barrett J.S., Gibson P.R. Fructan and free fructose content of common Australian vegetables and fruit. *J. Agric. Food Chem.* 2007;(55):6619–6627.
15. Benitez V., Molla E., Martin-Cabrejas M.A., Aguilera Y., Lopez-Andreu F.J., Cools K., Terry L.A., Esteban R.M. Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): dietary fiber and bioactive compounds. *Plant Food Hum. Nutr.* 2011;(66):48–57.
16. Darbyshire B., Henry R.J. The distribution of fructans in onions. *New Phytol.* 1978;(81):29–34.
17. Darbyshire B., Henry R.J. The association of fructans with high percentage dry weight in onion cultivars suitable for dehydrating. *J. Sci. Food Agr.* 1979;(30):1035–1038.
18. Salamal A.M., Hicks J.F. Nock sugar and organic acid changes in stored onion bulbs treated with maleic hydrazide. *Hort. Sci.* 1990;25(12):1625–1628.
19. Golubkina N.A., Kekina H.G., Antoshkina M.S., Agafonov A.F., Nadezhkin S.M. Intervarietal differences in accumulation of biologically active compounds by *Allium cepa* L. *Messenger of Russian Agric. Sci.* 2016;(2):51–55.
20. Galdon, B.R., Rodriguez, C.T., Rodriguez, E.R., & Ronero, C.D. Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 2008;56(15):6512–6519.
21. X Sun; Guoliang Hana; Zhe Meng; Lin Lin Na Sui Roles of malic enzymes in plant development and stress responses. *Plant Signal. Behav.* 2019;14(10):e1644596/ <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1644596>
22. Hallmann E., Rembialkowska E. Antioxidant compounds content in selected onion bulbs from organic and conventional cultivation. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 2006;51(2):42–46.
23. Kabata-Pendías, A. Trace Elements in Soils and Plants. Kabata-Pendías A., Pendías H. – 2001. 3rd Edition, CRC Press LCL, Boca Raton.
24. Golubkina, N.A., Agafonov, A.F., Nadezhkin, S.M., Antoshkina, M.S., & Koshevarov, A.A. Element composition of *Allium cepa*. *Vestnik Ulyanovskiy Agr. Acad.* 2015;(3):11–17.
25. Jurgiel-Malecka G., Gibczynka M., Nawrocka-Pezik M. Comparison of chemical composition of selected cultivars of white, yellow and red onions. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2015;21(4):736–741.

26. Ekholm P., Reinivuo H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Hellstrom J., Ovaskainen M.-L. Changes in the mineral and trace element content of cereals, fruits and vegetables in Finland. *J. Food Comp. Anal.* 2007;(20):487-495.
27. Paganga G., Miller N., & Rice-Evans, C. The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute? *Free Rad.* 1999;(30):153-162.
28. Coolong T.W., Randle W.M. Temperature influences flavor intensity and quality in 'Granex 33' onion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2003;128(2):176-181.
29. Mallor C, Thomas B. Resource allocation and the origin of flavor precursors in onion bulbs. *J. Hort. Sci. Biotech.* 2008;83(2):191-198.
30. Gallina P.M., Cabassi G., Maggioni A., Natalini A., Ferrante A. Changes in the pyruvic acid content correlates with phenotype traits in onion clones. *Austral. J. Crop Sci.* 2012;6(1):36-40.
31. Randle W.M. Increasing nitrogen concentration in hydroponic solutions affects onion flavor and bulb quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 2000;(125):254-259.
32. Marinozzi M., Sardella R., Scorzoni S., Ianni F., Lisanti A, Natalini B. Validated pungency assessment of three Italian onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Agr. Food*, 2014;2(1):532-541.
33. Kopsell D.A., Randle, W.M. Selenate concentration affects selenium and sulfur uptake and accumulation by 'Granex 23' onions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1997;122(5):721-726.
34. Hertog M.G., Hollman P.C.H., Katan M.B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruit commonly consumed in the Netherlands. *J. Agric. Food Chem.* 1992;(40):2379-2383.
35. Brown P., Blake M., Eagling D., Sterling S.. Therapeutic compounds as an onion quality parameter. Final report Project No VG99054 Horticultural Australian Ltd. 2001.
36. Alrawaiq N.S., Abdullah A.A Review of flavonoid quercetin: metabolism, bioactivity and antioxidant properties. *Int. J. Pharm. Tech. Res.* 2014;6(3):933-941.
37. Hu F.B., Willett W.C. Optimal diets for prevention of coronary heart disease. *J. Am. Med. Assoc.* 2002;(288):2569-2578.
38. Lines T.C., Ono M. FRS 1000, an extract of red onion peel, strongly inhibits phosphodiesterase 5A (PDE 5A). *Phytomedicine.* 2006;13(4):236-239. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2004.12.001>
39. Ranawat P., Kaushik G., Saikia U.N., Pathak C.M., Khanduja K.L. Quercetin impairs the reproductive potential of male mice. *Andrologia.* 2013;45(1):56-65.
40. Lachman J., Pronek D., Hejtmankova A., Dudjak J., Pivec V., Faitova K. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Hort. Sci.* 2003;30(4):142-147.
41. Slimestad R, Fossen T., Vågen I.M. Onions: a source of unique dietary flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 2007;55(25):10067-10080.
42. Patil B.S., Pike L.M., Hamilton B.K. Changes in quercetin concentration in onion (*Allium cepa* L.) owing to location, growth stage and soil type. *New Phytol.* 1995;(130):349-355.
43. Gülşen A., Makris D.P., Kefalas P. Biomimetic oxidation of quercetin: isolation of a naturally occurring quercetin heterodimer and evaluation of its *in vitro* antioxidant properties. *Food Res. Int.* 2007;(40):7-14.
44. Ly T.N., Hazama C., Shimoyamada M., Ando H., Kato K., Yamauchi R. Antioxidative compounds from the outer scales of onion. *J. Agric. Food Chem.* 2005;(53):8183-8189.
45. Wiczowski W., Németh K., Buciński A., Pisku M. K. Bioavailability of quercetin from scales and dry skin of onion in rats. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2003;(12):95-99.
46. Lu X., Wang J., Hamzaf M., Ross C.F., Powers J.R., Tang J., Rasco B.A. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion and shallots using infrared spectroscopy. *Food Chem.* 2001;(129):637-644.
47. Abida K. K., Rhana R., Nighat F., Sadaf M., Sadullah M., Sara K., Nyla J., Ghulam, M. Pharmacological activities of protocatechuic acid. *Acta Polon. Pharm. Drug Res.* 2015;72(4):643-650.
48. Mogren L.M., Olsson M.E., Gertsson U.E. Quercetin content in field-cured onions (*Allium cepa* L.): effects of cultivar, lifting time, and nitrogen fertilizer level. *J. Agric. Food Chem.* 2006;54(17):6185-6191.
49. Sakharkar M.K., Jayaraman P., Soe W.M., Chow V.T., Sing L.C., Sakharkar K.R. *In vitro* combinations of antibiotics and phytochemicals against *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Microbiol. Immunol. Infect.* 2009;42(5):364-370.
50. Kavalcová P., Bystrická J., Tóth T., Trebichalský P., Hrstková M., Lenková M., Šiatkovský, O. Content of total polyphenols and antioxidant activity in selected varieties of onion (*Allium cepa* L.). *Sci. J. Food Ind.* 2015;9(1):494-500.
51. Andrejiová A., Kóna J., Barátová, S. Effect of fertilization and cultivar on total polyphenol content in onion (*Allium cepa* L.). *Nutr. Health, Proceeding from the Conference, SPU, Nitra.* 2011. 12-17.
52. Patil B.S., Pike L.M. Distribution of quercetin content in different rings of various coloured onion (*Allium cepa* L.). *J. Hort. Sci.* 1995;(70):643-650.
53. Bilyk A., Cooper P.L., Saper G.M. Varietal differences in distribution of quercetin and kaempferol in onion (*Allium cepa* L.) tissue. *J. Agric. Food Chem.* 1984;(32):274-276.
54. Sobolewska D., Michalska K., Podolak I., Grabowska K. Steroidal saponins from the genus *Allium*. *Phytochem. Rev.* 2016;15(1):1-35.
55. Challinor V.L., De Voss J.J. Open-chain steroidal glycosides, a diverse class of plant saponins. *Nat. Prod. Rep.* 2013;(30):429-454.
56. Čeryová N., Lidiková J., Šnirc M., Harangozo L., Pintér E., Bobko M., Vollmannová A. Heavy metals in onion (*Allium cepa* L.) and environmental and health risks. *Food Additives & Contaminants: Part B.* 2023;17(1):66-76. <https://doi.org/10.1080/19393210.2023.2291369>
57. Opris O., Lung I., Gmélung K., Stegarescu A., Buczkó N., Culicov O., Soran M.-L. Responses of the *Allium cepa* L. to Heavy Metals from Contaminated Soil. *Plants.* 2024;(13):2913. <https://doi.org/10.3390/plants13202913>
58. Czarnek K., Tatarczak-Michalewska M., Szopa A., Klimek-Szczykutowicz M., Jaferník K., Majerek D., Blicharska E. Bioaccumulation Capacity of Onion (*Allium cepa* L.) Tested with Heavy Metals in Biofortification. *Molecules.* 2023, 29(1), 101. <https://doi.org/10.3390/molecules29010101>
59. Naseem Z., Naveed M., Asif M. et al. Enhancing chromium resistance and bulb quality in onion (*Allium cepa* L.) through copper nanoparticles and possible health risk. *BMC Plant Biol* 2024;(24):777. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05460-3>
60. Alias C., Ferretti D., Viola G.V.C., Zerbini I., Bisceglie F., Pelosi G., Zani C., Buschini A., Carcelli M., Rogolino D., Restivo F.M., Degola F. *Allium cepa* tests: A plant-based tool for the early evaluation of toxicity and genotoxicity of newly synthesized antifungal molecules, Mutation Research/*Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis.* 2023;(889):503654. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503654>
61. Cabuga C.C., Abelada J.J.Z., Apostado R.R.Q., Hernando B.J.H., Lador J.E.C., Obenza O.L.P., Presilda C.J.R., Havana H.C. *Allium cepa* test: An evaluation of genotoxicity. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences.* 2017;7(1):12-19.
62. Sheikh Z., Amin M., Khan N., Khan M.N., Sami S.K., Khan S.B., Hafeez I., Khan S.A., Bakhsh E.M., Cheng C.K. Potential application of *Allium cepa* seeds as a novel biosorbent for efficient biosorption of heavy metals ions from aqueous solution, Chemosphere. 2021;(279):130545. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130545>
63. da Cunha Neto A.R., da Silva I.G., Calvelli J.V.B. Toxicity of Heavy Metals that Affect Germination, Development and Cell Cycle of *Allium cepa* L. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2023;(111):22. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03775-9>
64. Beinşan, Carmen Sumalan, Radu Vătcă, Sorin. Influence of Salt Stress on Quality of Some Onion (*Allium cepa* L.) Local Landraces. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture.* 2015;(72):4-6.
65. Ratnaajah V.R., Gnanachelvama N.G. Effect of Abiotic Stress on Onion Yield: A Review. *Adv. Technol.* 2021;1(1):147-160.
66. Mansha M.Z., Aatif H.M., Ikram K., Hanif C.M.S., Sattar A., Iqbal R., Zaman Q.U., Al-Qahtani S.M., Al-Harbi N.A., Omar W.A. Impact of Various Salinity Levels and Fusarium oxysporum as Stress Factors on the Morpho-Physiological and Yield Attributes of Onion. *Horticulturae.* 2023;(9):786. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070786>

67. Sanwal S.K., Kesh H., Kumar A., Dubey B.K., Khar A., Roupael Y., Kumar P. Salt Tolerance Potential in Onion: Confirmation through Physiological and Biochemical Traits. *Plants*. 2022;11(23):3325. <https://doi.org/10.3390/plants11233325>.
68. Verâncio J.B., da Silva Dias N., de Medeiros J.F., de Moraes P.L.D., do Nascimento C.W.A., de Sousa Neto O.N., da Silva Sá F.V. Yield and Morphophysiology of Onion Grown under Salinity and Fertilization with Silicon. *Sci. Hort.* 2022;(301):111095. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111095>
69. Ali Fuat Gökçe, Zahide Neslihan Öztürk Gökçe, Muhammad Daniyal Junaid, Usman Khalid Chaudhry, Evaluation of biochemical and molecular response of onion breeding lines to drought and salt stresses. *Sci. Hort.* 2023;(311):111802. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111802>.
70. Chaudhry U.K., Gokce Z.N.O., Gokce A.F. Drought and salt stress effects on biochemical changes and gene expression of photosystem II and catalase genes in selected onion cultivars. *Biologia*. 2021;76(10):3107–3121.
71. Pál M., Tajti J., Szalai G., Peeva V., Végh B., Janda T. Interaction of polyamines, abscisic acid and proline under osmotic stress in the leaves of wheat plants. *Sci. Rep.* 2018;8(1):12839. doi: 10.1038/s41598-018-31297-6
72. Gedam P.A., Shirsat D.V., Arunachalam T., Ghosh S., Gawande S.J., Mahajan V., Gupta A.J., Singh M. Screening of onion (*Allium cepa* L.) genotypes for waterlogging tolerance. *Front. Plant Sci.* 2022;(12):727262. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727262>
73. Golubkina N., Amagova Z., Matsadze V., Zamana S., Tallarita A., Caruso G. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Yield, Biochemical Characteristics, and Elemental Composition of Garlic and Onion under Selenium Supply. *Plants*. 2020;9(1):84. <https://doi.org/10.3390/plants9010084>
74. Shinde S. Effect of arbuscular mycorrhizal glomus species on drought tolerance of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Researches in Biosciences. Agriculture and Technology*. 2021;(17):287–294.
75. Ilyas U., du Toit L.J., Hajibabaei M., McDonald M.R. Influence of plant species, mycorrhizal inoculant, and soil phosphorus level on arbuscular mycorrhizal communities in onion and carrot roots. *Front. Plant Sci.* 2024;(14):1324626. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1324626>
76. Selvakumar G., Bhatt R.M., Upreti K.K., Bindu G.H., Shweta K., Citricoccus zhacaiensis B-4 (MTCC 12119) a novel osmotolerant plant growth promoting actinobacterium enhances onion (*Allium cepa* L.) seed germination under osmotic stress conditions. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2015;31(5):833–839.
77. Abdelrasheed K.G., Mazrou Y., Omara A.E.D. Soil amendment using biochar and application of K-humate enhance the growth, productivity, and nutritional value of onion (*Allium cepa* L.) under deficit irrigation conditions. *Plants*. 2021;10(12):2598.
78. El Bergui O., Abouabdillah A., Bouriou M. Innovative solutions for drought: evaluating hydrogel application on onion cultivation (*Allium cepa*) in Morocco. *Water*. 2023;15(11):1972.
79. Yousefvand P., Sohrabi Y., Heidari G., Weisany W., Mastinu A. Salicylic Acid Stimulates Defense Systems in *Allium hirtifolium* Grown under Water Deficit Stress. *Molecules*. 2022;27(10):3083. <https://doi.org/10.3390/molecules27103083>
80. Mugwanya M., Kimera F., Abdelnaser A., Sewilam H. Coping with Water Stress: Ameliorative Effects of Combined Treatments of Salicylic Acid and Glycine Betaine on the Biometric Traits and Water-Use Efficiency of Onion (*Allium cepa*) Cultivated under Deficit Drip Irrigation. *Biomolecules*. 2023;13(11):1634. <https://doi.org/10.3390/biom13111634>.
81. Purbajanti E.D., Bintang A.S. Yield and component yield of onion (*Allium cepa* L.) effect of salicylic acid under drought stress in Indonesia. *J. Appl. Nat. Sci.* 2023;15(2):505–511.
82. Rangwala T., Bafna A., Vyas N., Gupta R. Beneficial Role of Soluble Silica in Enhancing Chlorophyll Content in Onion Leaves. *Current Agric. Res. J.* 2019;7(3):358–367.
83. Verma K.K., Song X.P., Lin B. Silicon Induced Drought Tolerance in Crop Plants: Physiological Adaptation Strategies. *Silicon*. 2022;(14):2473–2487. <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01071-x>
84. Tian L., Zhang Y., Chen P., Zhang F., Li J., Yan F., Dong Y., Feng B. How does the waterlogging regime affect crop yield? A global meta-analysis. *Front. Plant Sci.* 2021;(12):634898. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634898>
85. Dubey S., Kuruwanshi V.B., Bhagat K.P., Ghodke P.H. Impact of Excess Moisture in Onion Genotypes (*Allium cepa* L.) under Climate Change Scenario. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2021;10(03):166–175. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1003.023>.
86. Golubkina N., Romanova O., Romanov V., Krivenkov L.; Shevchenko T., Murariu O.C., Vecchiatti L., Hamburda S.B., Caruso G. Varietal Differences of Yield, Morphological, and Biochemical Parameters of *Allium cepa* L. under Precipitation Excess in Different Phenological Phases. *Stresses*. 2023;(3):541–554. <https://doi.org/10.3390/stresses3030038>
87. Lin M.-W., Watson J.F., Baggett J.R. Inheritance of soluble solids and pyruvic acid content of bulb onions. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 1995;(120):119–122.
88. Lee E.J., Yoo K.S., Jifon J., Patil B.S. Characterization of shortday onion cultivars of 3 pungency levels with flavor precursor, free amino acid, sulphur, and sugar contents. *J. Food Sci.* 2009;(74):475–480.
89. Marotti M., Piccaglia R. Characterization of flavonoids in different cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *J. Food Sci.* 2002;(67):1229–1232.
90. Ko E.Y., Nile S.H., Kavita S., Li G. H., Park S.W. Effect of different exposed lights on quercetin and quercetin glucoside content in onion (*Allium cepa* L.). *Saudi J. Biol. Sci.* 2015;22(4):398–403.
91. Shirley B.W. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opinion Plant Biol.* 2002;5(3):218–223.
92. Rodrigues A.S., Pérez-Gregorio M.R., García-Falcón M.S., Simal-Gándara J., Almeida D.P.F. Effect of meteorological conditions on antioxidant flavonoids in Portuguese cultivars of white and red onions. *Food Chem.* 2011;(124):303–308.
93. Kumar S., Imtiyaz M., Kumar A. Effect of differential soil moisture and nutrient regimes on postharvest attributes of onion (*Allium cepa* L.). *Sci. Hort.* 2007;(112):121–129.
94. Randle W.M., Lancaster J.E. Sulphur compounds in alliums in relation to flavor quality. In: Rabinowitch H.D., Currah L. (eds): *Allium crop sciences: recent advances*. Wallingford, U.K., CAB International. 2002; 329–356.
95. Bettoni M.M., Mogor A.F., Pauletti V., Goicoechea N. Growth and metabolism of onion seedlings as affected by the application of humic substances, mycorrhizal inoculation and elevated CO₂. *Sci. Hort.* 2014;(180):227–235.

Об авторах:

Надежда Александровна Голубкина – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, SPIN-код: 9284-3454, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>, автор для переписки, segolubkina45@gmail.com

Виктор Илларионович Немтинов – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, Отдел селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур, SPIN-код: 1458-2218, <https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>, nemtin2@mail.ru

Зарема Ахметовна Амагова – научный сотрудник, SPIN-код: 8755-5814, amman1999@mail.ru

Андрей Александрович Кошеваров – научный сотрудник, zato@inbox.ru,

About the Authors:

Nadezhda A. Golubkina – Dr. Sci. (Agriculture), Head Researcher of Laboratory-Analytical Department, SPIN-code: 9284-3454, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>, Corresponding Author, segolubkina45@gmail.com

Viktor I. Nemtinov – Dr. Sci. (Agriculture), Head Researcher of Department of selection and seed production of vegetable and melon crops, SPIN-code: 1458-2218, <https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>, nemtin2@mail.ru

Zarema A. Amagova – Researcher, SPIN-code: 8755-5814, amman1999@mail.ru

Andrew A. Koshevarov – Researcher, zato@inbox.ru,

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-82-86>
УДК: 635.64:631.527.56

В.Н. Зейрук*, С.В. Васильева,
Г.Л. Белов, С.В. Мальцев

1 Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха») 140051, Россия, Московская обл., г. Люберцы, д.п. Красково, ул. Лорха, д.23, литер В

*Автор для переписки: vzeyruk@mail.ru

Вклад авторов: Зейрук В.Н.: научное руководство исследованием, редактирование. Васильева С.В.: концептуализация, литературный поиск, участие в проведении исследований, анализ полученных данных, написание и оформление статьи. Белов Г.Л.: участие в проведении исследований, анализ полученных данных. Мальцев С.В.: участие в проведении исследований, анализ полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зейрук В.Н., Васильева С.В., Белов Г.Л., Мальцев С.В. Влияние обработки клубней препаратом Хлорпрофам на лёжкость, биохимические показатели и пригодность картофеля к переработке. *Овощи России*. 2025;(2):82-86. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-82-86>

Поступила в редакцию: 05.12.2024

Принята к печати: 20.03.2025

Опубликована: 15.04.2025

Vladimir N. Zeyruk*, Svetlana V. Vasilieva,
Grigoriy L. Belov, Stanislav V. Maltsev

Russian Potato Research Centre (RPRC)
Lorkha str., 23, B Kraskovo village,
Lyubertsy, Moscow region, 140051, Russia

*Corresponding Author: vzeyruk@mail.ru

Authors' Contribution: Zeyruk V.N.: scientific supervision of the study, editing. Vasilieva S.V.: conceptualization, literature search, participation in the study, analysis of the obtained data, writing and design of the article. Belov G.L.: participation in the study, analysis of the obtained data. Maltsev S.V.: participation in the study, analysis of the obtained data.

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

For citation: Zeyruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L., Maltsev S.V. The effect of treatment of tubers with Chlorprofam on the keeping quality, biochemical parameters and suitability of potatoes for processing. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):82-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-82-86>

Received: 05.12.2024

Accepted for publication: 20.03.2025

Published: 15.04.2025

Влияние обработки клубней препаратом Хлорпрофам на лёжкость, биохимические показатели и пригодность картофеля к переработке

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Картофель представляет собой не только полезнейший продукт питания, как в сыром виде, так и в продуктах его переработки, но еще является и ценным техническим сырьем, в связи с чем существует необходимость в увеличении срока хранения клубней и сохранения их качества для дальнейшей переработки на различные виды картофелепродуктов: сухие, обжаренные, замороженные, консервированные.

Материал и методы. Аналитические исследования проводили в почвенно-климатических условиях Московской области в лабораториях защиты растений, хранения и переработки картофеля на базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в соответствии с официальными утвержденными методиками. Обработку товарных клубней осуществляли в хранилище с использованием специального температурного туманообразователя.

Результаты исследования. По результатам проведенных исследований, целью которых было выявление наиболее эффективного препарата-ингибитора, эффективно сокращающего потери картофеля при хранении и обеспечивающего требуемое качество клубней, предназначенного для промышленной переработки, появилась реальная возможность сохранить большую часть полученной продукции в местах производства и по мере необходимости поставлять в места реализации, что существенно сокращает потери. Представлены результаты эффективности обработки клубней картофеля сортов Вымпел, Гранд и Удача, заложенных на хранение, ингибитором прорастания Хлорпрофам, позволившей существенно снизить естественную убыль массы, технический отход, абсолютную гниль и ростки в процессе длительного хранения при 8-9°C в общем на 4,0%; 7,1% и 4,8%, соответственно, и было обусловлено полным ингибированием прорастания клубней, заложенных на хранение. В процессе исследований выявлена тенденция снижения содержания в клубнях к концу периода хранения редуцирующих сахаров (на двух из трех изучаемых сортов снижение составило 0,18%). Применение ингибитора прорастания Хлорпрофам позволило получить хрустящий картофель и картофель фри более высокого качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

картофель, хранение, прорастание, ингибиторы роста, переработка

The effect of treatment of tubers with Chlorprofam on the keeping quality, biochemical parameters and suitability of potatoes for processing

ABSTRACT

Relevance. Potatoes are not only the most useful food product, both in its raw form and in its processed products, but they are also valuable technical raw materials, and therefore there is a need to increase the shelf life of tubers and preserve their quality for further processing into various types of potato products: dry, fried, frozen, canned.

Methods. Analytical studies were carried out in the soil and climatic conditions of the Moscow region in the laboratories of plant protection, storage and processing of potatoes on the basis of the Russian Potato Research Centre (RPRC) in accordance with officially approved methods. The processing of commercial tubers was carried out in storage using a special temperature misting agent. Based on the results of the studies conducted, the purpose of which was to identify the most effective inhibitor drug that effectively reduces potato losses during storage and ensures the required quality of tubers intended for industrial processing, it became possible to save most of the products obtained at the production sites and, if necessary, supply to places of sale, which significantly reduces losses.

Results. The results of the effectiveness of processing potato tubers of the Pennant, Grand and Luck varieties stored with the germination inhibitor Chlorprofam, which significantly reduced the natural loss of weight, technical waste, absolute rot and sprouts during long-term storage at 8-9 °C by a total of 4.0%; 7.1% and 4.8%, respectively, and was due to complete inhibition of germination of tubers stored. The research revealed a tendency to decrease the content of reducing sugars in tubers by the end of the storage period (in two of the three studied varieties, the decrease was 0.18%). The use of the Chlorprofam germination inhibitor made it possible to obtain crispy potatoes and French fries of higher quality.

KEYWORDS:

potatoes, storage, germination, growth inhibitors, processing

Введение

Картофель представляет собой не только полезнейший продукт питания, как в сыром виде, так и в продуктах его переработки, но еще является и ценным техническим сырьем. При наличии сырьевой базы процесс его переработки может быть растянут на продолжительный период времени. Для обеспечения сохранности свежесобранной клубней картофеля и недопущения прорастания даже при благоприятных для роста условиях важно обеспечить клубням определенный период покоя. В состоянии покоя происходит торможение всех метаболических процессов в живых организмах, что дает возможность им сохранить жизнеспособность в неблагоприятных условиях. [1, 2, 3]. При этом различают естественный (глубокий) и сменяющий его вынужденный покой [4]. При вынужденном покое рост отсутствует только в том случае, если нет благоприятных условий для него. При возникновении этих условий в клубнях начинают происходить сложные физиолого-биохимические процессы, способствующие развитию в насыпи картофеля различных патогенных микроорганизмов. В силу этого в процессе хранения изменяется химический состав клубней, газовый состав среды и относительная влажность воздуха, возможно поражение клубней болезнями в виде сухих и мокрых гнилей.

Клубни отдельных сортов с коротким периодом покоя нередко начинают прорастать уже в декабре – январе месяцах, что снижает качество картофеля и повышает потери, ухудшаются потребительские или семенные и посевные показатели посадочного материала и, как следствие, снижается качество посадки и урожайность. Но особенно важно сохранить качество клубней картофеля, предназначенных для длительного хранения с целью дальнейшей промышленной переработки, где требуется своя специфика, связанная с технологией производства [4,5,6].

В последнее время объёмы такого картофеля в РФ значительно возросли. Вырабатываемый в настоящее время в России и за рубежом ассортимент картофелепродуктов весьма разнообразен и условно делится на следующие виды: сушеные продукты (сухое картофельное пюре в виде крупки, хлопьев, гранул и порошка, а также картофель сушеный (резаный), крекеры (полуфабрикат); обжаренные продукты (хрустящий картофель, получаемый из свежих сырых клубней, очищенных и нарезанных на лепестки; чипсы, изготавливаемые из сухого картофельного пюре, а также хворост, палочки, снеки, фри); замороженные продукты (гарнирный картофель (обжаренный и не обжаренный), биточки, котлеты, клецки, вареники, молодой картофель, формованные палочки); консервированные продукты (картофель натуральный – полуфабрикат, полуфабрикат в виде стружки или каши, концентрат кислого сула); концентраты (сухие смеси для приготовления супов, лепешек, клецек, пирожков, запеканок). В связи с тем, на какие виды продуктов переработки предназначен свежий картофель, условия его хранения будут различными. Крайне важно обеспечить не только его сохранность от патогенной микробиоты, но и не допустить преждевременного прорастания.

Прорастание запускает сложные биохимические процессы, в результате которых клубни картофеля

теряют ряд своих потребительских качеств. Снижение влияния отрицательных факторов на хранящийся картофель, обеспечение высокого качества клубней и продуктов его переработки, сведение до минимума потерь – основная задача современных технологий длительного хранения.

Результат хранения зависит от многих факторов: сорта, технологии и условий выращивания, уборки и послеуборочной доработки клубней и их загрузки в хранилище, а также от способа и места хранения, конструкции хранилища, системы контроля и управления температурно-влажностными режимами в насыпи картофеля и в помещении с учётом специфических условий различных климатических зон [7,8]. В последнее десятилетие достигнуты заметные успехи в организации хранения картофеля, однако потери всё ещё остаются достаточно большими и качество клубней при этом остается невысоким.

С учетом имеющихся современных представлений о физиолого-биохимических процессах, происходящих в клубнях на протяжении всего периода хранения, необходимо внедрять более совершенные методы хранения, основанные на использовании активной вентиляции с применением автоматического управления, физиологически активных веществ и т.д. Хорошие результаты показала обработка картофеля перед закладкой на хранение импульсным электромагнитным полем. Положительное влияние на лёжку картофеля оказывает также обработка клубней при загрузке в хранилище биологическими и химическими защитно-стимулирующими средствами (ЗСС) [6].

Важен еще один аспект хранения картофеля, касающийся материала, который идет на промпереработку: чипсы, фри, хрустящий картофель и т.д. С целью достижения необходимого качества полученной продукции клубни необходимо хранить при соблюдении температуры 8-10°C, чтобы крахмал не превращался в сахара. Лишь очень незначительное количество сортов сохраняет свою структуру при температуре хранения 8-9°C.

В зависимости от специфических режимов хранения картофеля и с целью удлинения естественного периода покоя клубней, предназначенных для различных видов промышленной переработки и хранящегося при повышенной температуре или для весенне-летнего потребления, клубни обрабатывают препаратами — ингибиторами роста, подавляющими их прорастание, например, Харвест-Макс, Р, 624 г/л (10-20 мл/т); Спраут-стоп, 500 мл/л (1 мл/10 л воды, в настоящее время исключен из Списка пестицидов и агрохимикатов) или Спад-Ник, Р, 500 г/л (24 мл/т), действующим веществом которых является Хлорпрофам. Обработку ими проводят осенью в зависимости от периода покоя сорта при закладке картофеля на хранение. Применение ингибиторов сохраняет качество клубней картофеля и улучшает цвет готового продукта при переработке в весеннее и летнее время. После обработки ими картофеля, начинается ингибирование (замедление) деления и роста растительных клеток. Одна обработка позволяет обеспечить хранение до 10 месяцев. Низкие дозы препаратов не предохраняют полностью клубни от прорастания, что ухудшает качество, как свежего картофеля, так и продукта из него.

Материал и методика исследований

В течение ряда лет сотрудниками лабораторий защиты растений и хранения ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (I почвенно-климатическая зона, Московская область, г.о. Люберцы, д.п. Красково) проводились специальные исследования, целью которых было определение наиболее эффективного препарата-ингибитора, уменьшающего потери картофеля при хранении и обеспечивающего требуемое качество клубней картофеля, предназначенного для промышленной переработки. В 2022-2023 гг. проводилась оценка эффективности препарата Хлорпрофам (регулятор роста, д.в. хлорпрофам, 500 г/л; препаративная форма: раствор (Р)).

Обработку товарных клубней осуществляли в хранилище с использованием специального температурного туманообразователя (рис. 1) по следующей схеме:

1. Контроль, без обработки.
2. Хлорпрофам. Обработка товарных клубней в хранилище с использованием температурного туманообразователя: 1-я – при закладке на хранение (однократно), расход препарата – 24 мл/т и далее 4 раза с интервалом 30 дней, расход препарата – 16 мл/т. Общий период хранения составляет 8 месяцев.

Краткая характеристика условий проведения испытания: после закладки вариантов в картофелехранилище температура составляла в сентябре-октябре (лечебный период) 13...14°C, в ноябре 10°C, с декабря по март от 1,5 до 4°C, в апреле – от 4 до 6°C, а в остальной период – 5...7°C.

Относительная влажность воздуха (%) – 80,0.

Использовали клубни сортов Вымпел, Гранд (средне-спелые) и Удача (ранний).

Масса контрольной и опытных партий составляла по 500 кг клубней продовольственной фракции. Повторность в опыте – однократная.

Отбор проб для фитопатологического анализа проводили перед каждым применением препарата и через 20 дней после последней обработки. Все проводимые исследования осуществляли в соответствии с авторскими методиками специалистов института [9,10,11]. Аналитические исследования выполняли в лабораториях хранения и переработки картофеля, агрохимии и биохимии ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Результаты и обсуждение

В результате проведенных в период хранения исследований установлено, что обработка клубней картофе-

Таблица 1. Влияние обработки Хлорпрофамом на потери картофеля в зависимости от сорта за 8 месяцев хранения при температуре 8-9°С (сентябрь-апрель)
Table 1. Effect of Chlorpropham treatment on potato losses depending on the variety f or 8 months of storage at a temperature of 8-9 °C (September-April)

Сорт	Вариант	Потери всего, %	В т. ч., %			
			естественная убыль массы	абсолютная гниль	технический отход	ростки
Вымпел	контроль	15,0	11,4	0,3	1,7	1,7
	хлорпрофам	11,0	10,6	0,0	0,4	0,0
Гранд	контроль	15,7	12,9	0,0	0,0	2,8
	хлорпрофам	8,6	7,7	0,3	0,7	0,0
Удача	контроль	13,0	10,4	0,0	0,1	2,5
	хлорпрофам	8,2	7,6	0,2	0,4	0,0
НСР ₀₅ сорт		0,7				
НСР ₀₅ вариант обработки		0,8				



Рис. 1. Туманообразователь для обработки клубней
Fig. 1. Fogger for processing tubers

ля сортов Вымпел, Гранд и Удача препаратом Хлорпрофам способствовала снижению величины общих потерь при длительном хранении (8-9°C) соответственно на 4,0 %, 7,1 % и 4,8 % (табл. 1).

Снижение общих потерь по сравнению с контролем на всех трех сортах Вымпел, Гранд и Удача, задействованных в ходе исследований, было обусловлено, главным образом, ингибированием прорастания заложенных на хранение клубней, соответственно, на 1,7%, 2,8% и 2,5%, и, сопряженным с этим, уменьшением величины естественной убыли массы на 0,8%, 5,2% и 2,8% по сравнению с контролем (рис. 2,3).

Обработки препаратом Хлорпрофам не оказали существенного влияния на величину показателей абсолютной гнили и технического отхода. Разница по этим показателям по сравнению с контролем колебалась на уровне 0,2-1,3%.

В связи с активным нарастанием производства продукции из картофеля в мире, в России в последнее



Рис. 2. Клубни сорта Гранд в контрольном варианте
Fig. 2. Tubers of the Grand variety in the control variant



Рис. 3. Внешний вид клубней картофеля сорта Гранд после применения Хлорпрофам
Fig. 3. Appearance of Grand potato tubers after application of Chlorpropham

десятилетие обострилась необходимость увеличения мощностей переработки картофеля различных видов. Глубокая переработка картофеля – дорогой бизнес, требующий формирования качественной сырьевой базы и высоких стандартов. Поэтому важно целевое производство сырья. Так, для переработки на чипсы нужен конкретный калибр клубней с определённым содержанием крахмала, сухих веществ (не менее 20%) и сахаров (не более 0,4%), а для фри важна еще и форма клубней [12]. Путем многочисленных исследований доказано, что качество обжаренных картофелепродуктов (хрустящий картофель, фри) в первую очередь зависит от содержания в клубнях редуцирующих сахаров, при увеличении уровня которых при обжаривании растёт риск получения конечного продукта более темного цвета, что нежелательно.

Результаты анализа биохимических показателей клубней выявили математически достоверную тенденцию к снижению содержания редуцирующих сахаров на сортах Гранд и Удача на 0,18%. Однако на сорте Вымпел этот показатель, напротив, увеличился на 0,2% (табл. 2).

Обработка препаратом Хлорпрофам не оказала существенного влияния на содержание сухого вещества и крахмала. Значения этих показателей определялись сортовыми особенностями картофеля и находились в пределах 24,0-24,2 % на сорте Вымпел, 25,0-25,3% на сорте Гранд, и 20,1-20,9 % на сорте Удача.

Таблица 2. Влияние обработки Хлорпрофамом на биохимические показатели клубней различных сортов картофеля (окончание периода хранения)
Table 2. Effect of Chlorpropham treatment on biochemical parameters of tubers of different potato varieties (end of storage period)

Сорт	Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Редуцирующие сахара, %
Вымпел	контроль	24,2	18,5	0,84
	хлорпрофам	24,0	15,5	1,04
Гранд	контроль	25,0	19,3	0,70
	хлорпрофам	25,3	19,5	0,52
Удача	контроль	20,9	15,2	1,29
	хлорпрофам	20,1	14,3	1,11
НСР ₀₅ сорт		0,5	0,5	0,10
НСР ₀₅ вариант обработки		0,9	0,9	0,12

Таблица 3. Влияние обработки Хлорпрофамом на качество обжаренных картофелепродуктов (температура хранения 8...9°C (конец третьей декады мая))
Table 3. Effect of Chlorpropham treatment on the quality of fried potato products (storage temperature 8...9°C (end of the third ten-day period of May))

Сорт	Вариант	Хрустящий картофель		Картофель фри	
		цвет	консистенция	цвет	консистенция
Вымпел	контроль	5,0	6,0	5,0	6,0
	хлорпрофам	4,0	5,0	5,0	6,0
Гранд	контроль	5,0	6,0	5,0	6,0
	хлорпрофам	7,0	8,0	6,0	8,0
Удача	контроль	3,0	4,0	4,0	5,0
	Хлорпрофам	5,0	6,0	5,0	6,0

Примечание. Оценка по 9-балльной оценочной шкале: 1- низший балл; 6- граница удовлетворительного качества; 9- высший балл.

Таким образом, в наших исследованиях только на сорте Гранд содержание редуцирующих сахаров было близко к вышеуказанному нормативу (0,70% в контроле и 0,52% на варианте с применением Хлорпрофам), что позволило получить конечный продукт достаточно высокого качества. На сортах Вымпел и Удача, как контрольные, так и варианты с обработкой, не соответствовали по цвету минимальным требованиям, т.е. минимум шести баллам (табл. 3).

Наиболее эффективно снижение содержания редуцирующих сахаров отразилось на качестве хрустящего картофеля. Показатель цвета в варианте с обработкой препаратом Хлорпрофам был на 2 балла выше по сравнению с контролем.

Выводы

Таким образом, обработка клубней препаратом Хлорпрофам на сортах картофеля Вымпел, Гранд и Удача способствовала существенному снижению

потерь в период длительного хранения при 8-9°C на 4,0%; 7,1% и 4,8% соответственно. Обусловлено это было за счет полного ингибирования прорастания клубней. В процессе исследований выявлена тенденция снижения содержания в клубнях к концу периода хранения редуцирующих сахаров (на двух из трех изучаемых сортов снижение составило 0,18%). Применение ингибитора прорастания Хлорпрофам позволило получить хрустящий картофель и фри более высокого качества при весеннем сроке переработки клубней картофеля (на 1-2 балла по показателю цвета). Располагая современными техническими средствами и технологиями, можно обеспечить минимальные потери картофеля и высокую сохранность потребительских качеств клубней, предназначенных для переработки с возможной пролонгацией периода длительного хранения сортов картофеля различных сроков созревания.

• Литература

1. Альсмик П.И., Амбросов А.Л., Вечер А.С., Гончарик М.Н., Мокроносов А.Т. Физиология картофеля. М.: Колос, 1979. 269 с.
2. Бартон У.Г. Представления о периоде покоя клубней и его механизме. В кн.: Рост и развитие картофеля. Под ред. Кирюхина В.П. М.: 1966. 391с.
3. Бацанов Н.С. Картофель. Под ред. Н.С. Бацанова. М.: Колос, 1970. 375 с.
4. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Мальцев С.В. Период покоя клубней и определяющие его факторы. *Защита и карантин растений*. 2007;(8):54-55. <https://www.elibrary.ru/letwlh>
5. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., С.Н. Еланский, С.В. Мальцев, С.В. Прямов. Хранение картофеля. М., "Агроспас", 2016. 144 с.
6. Зейрук В.Н., Пшеченков К.А., Мальцев С.В., Белов Г.Л., Васильева С.В., Еланский С.Н. Влияние обработки клубней картофеля защитно-стимулирующими препаратами на потери при хранении. Сб. Картофелеводство: материалы научно-практической конференции «Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля (1-3 августа, 2017 ФГБНУ ВНИИХ)». М.: 2017. С. 292-300. <https://elibrary.ru/zehtsb>
7. Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н. Пригодность сортов к переработке в зависимости от условий выращивания и хранения. *Картофель и овощи*. 2004;(1):22-25.
8. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В. Технология хранения картофеля ВНИИХ. М., «Картофелевод». 2007. 195 с.
9. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М., 1999. 20 с.
10. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Сидякина И.И., Гудкова П.П., Сазонова З.В. Методические указания по технологии хранения картофеля различного назначения. М.: ВНИИХ, 2002. 20 с.
11. Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И., Мальцев С.В., Чулков Б.А. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. М.: ВНИИХ, 2008. 39 с.
12. Интернет-источник: <https://dzen.ru/a/ZKczZlqQVEJZ6Yja>

• References

1. Alsmik P.I., Ambrosov A.L., Vecher A.S., Goncharik M.N., Mokronosov A.T. Physiology of potatoes. M.: "Ear", 1979. 269 p. (In Russ.)
2. Barton U.G. Ideas about the dormant period of tubers and its mechanism. In the book: Growth and development of potatoes. Ed. Kiryukhina V.P. M.: 1966. 391 p. (In Russ.)
3. Batsanov N.S. Potato. Edited by N.S. Batsanov. M.: Kolos, 1970. 375 p. (In Russ.)
4. Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Maltsev St. The dormant period of tubers and its determining factors. *Plant protection and quarantine*. 2007;(8):54-55. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/letwlh>
5. Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., S.N. Elansky, S.V. Maltsev, S.B. Pyamov. Potato storage. M., "Agrosapas", 2016. 144 p. (In Russ.)
6. Zeiruk V.N., Pshechenkov K.A., Maltsev S.V., Belov G.L., Vasilyeva S.V., Elansky S.N. The effect of potato tubers treatment with protective-stimulating drugs on storage losses.- Sat. Potato growing: materials of the scientific and practical conference "Modern technologies of potato production, storage and processing (August 1-3, 2017 FGBNU VNIKH). M.: 2017. pp. 292-300. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zehtsb>
7. Pshechenkov K.A., Davydenkova O.N. Suitability of varieties for processing depending on growing and storage conditions. *Potato and vegetables*. 2004;(1):22-25. (In Russ.)
8. Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Elansky S.N., Maltsev S.V. Potato storage technology VNIKH. M., "Potato grower", 2007. 195 p. (In Russ.)
9. Methodology of physiological and biochemical studies of potatoes. M., 1999. 20 p. (In Russ.)
10. Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Sidiyagina I.I., Gudkova P.P., Sazonova Z.V. Methodological guidelines on the technology of storing potatoes for various purposes. M.: VNIKH, 2002. 20 p. (In Russ.)
11. Pshechenkov K.A., Davydenkova O.N., Sedova V.I., Maltsev S.V., Chulkov B.A. Methodological guidelines for evaluating potato varieties for suitability for processing and storage. M.: VNIKH, 2008. 39 p. (In Russ.)
12. Internet source: <https://dzen.ru/a/ZKczZlqQVEJZ6Yja>

Об авторах:

Владимир Николаевич Зейрук – доктор с.-х. наук, заведующий лабораторией защиты растений, <https://orcid.org/0000-0002-9930-4463>, SPIN-код: 3937-5336, автор для переписки, vzeyruk@mail.ru
Светлана Викторовна Васильева – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-7589-3929>, SPIN-код: 1512-0687, svastvikt@gmail.com
Григорий Леонидович Белов – доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3002-8173>, SPIN-код: 9563-4765, belov.grischa2015@yandex.ru
Станислав Владимирович Мальцев – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела агротехнологий, stanmalcev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7211-315X>, SPIN-код: 1106-0687

About the Authors:

Vladimir N. Zeiruk – Dr. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-9930-4463>, SPIN-code: 3937-5336, Corresponding Author, vzeyruk@mail.ru
Svetlana V. Vasilyeva – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-7589-3929>, SPIN-code: 1512-0687, svastvikt@gmail.com
Grigoriy L. Belov – Dr. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3002-8173>, SPIN-code: 9563-4765, belov.grischa2015@yandex.ru
Stanislav V. Maltsev – Dr. Sci. (Agriculture), Head Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7211-315X>, SPIN-code: 1106-0687

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-87-95>
УДК: 635.64:631.527.56

А.В. Молчанова*, Л.В. Кривенков,
Е.В. Баранова, Т.Е. Шевченко, Д.С. Белоусов

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: vovka_ks@rambler.ru

Вклад авторов: Молчанова А.В., Кривенков Л.В.:
концептуализация, методология, проведение исследова-
ния, анализ данных, создание рукописи и ее
редактирование. Баранова Е.В., Шевченко Т.Е.,
Белоусов Д.С.: ресурсы, проведение исследования,
анализ данных, создание черновика рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Молчанова А.В., Кривенков Л.В.,
Баранова Е.В., Шевченко Т.Е., Белоусов Д.С.
Биохимический состав лука репчатого и шалота при
выгонке в зимне-весенний период. *Овощи России*.
2025;(2):87-95.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-87-95>

Поступила в редакцию: 30.10.2024

Принята к печати: 11.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Anna V. Molchanova*, Leonid V. Krivenkov,
Elena V. Baranova, Tatiana E. Shevchenko,
Dmitry S. Belousov

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

*Correspondence Author: vovka_ks@rambler.ru

Authors' Contribution: Molchanova A.V., Krivenkov
L.V.: conceptualization, Methodology, writing – original
draft, writing – review & editing. Baranova E.V.,
Shevchenko T.E., Belousov D.S.: resources, conducting
research, writing – original draft.

Conflict of interests. The authors declare that there is
no conflict of interests.

For citation: Molchanova A.V., Krivenkov L.V.,
Baranova E.V., Shevchenko T.E., Belousov D.S.
Biochemical composition of onions and shallot when
grown in winter-spring period. *Vegetable crops of
Russia*. 2025;(2):87-95. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-87-95>

Received: 30.10.2024

Accepted for publication: 11.12.2024

Published: 15.04.2025

Биохимический состав лука репчатого и шалота при выгонке в зимне-весенний период

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В зимний период к наиболее полезным овощам для человека относится надземная масса лука репчатого. Как выгоночная зеленная культура лук репчатый характеризуется высокой урожайностью, скороспелостью, обладает необходимыми для полноценного питания людей БАВ – витаминами, органическими кислотами, минеральными веществами и т.д. Целью наших исследований было оценить качество листьев лука репчатого и лука шалота селекции ФГБНУ ФНЦО при выгонке лука-выборка в зимне-весенний период.

Материал и методика. Материалом для исследования послужили сорта лука репчатого селекции ФГБНУ ФНЦО Золотничок, Черный принц, Мячковский 300, Розарио, Спутник и лук шалот сорт Каскад. Выгонку на зелень проводили в условиях остекленной зимней теплицы в феврале в рассадных ящиках с торфогрунтом «мостовым» методом. Для высадки использовали лук-выборку фракции 22,1-40,0 мм. Проведены измерения содержания сухого вещества, аскорбиновой кислоты, суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов и антиоксидантов в спиртовом экстракте, полифенолов в луковичах и фотосинтетических пигментов в листьях лука репчатого и шалота.

Результаты. Качественный анализ продукции на содержание в ней сухого вещества, моносахаров, суммы водорастворимых антиоксидантов, аскорбиновой кислоты показал, что максимальное содержание биохимические веществ отмечено в листьях лука шалота и превышало другие образцы в 1,3-2 раза. Содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте, а также количество фотосинтетических пигментов различались и зависело от образца.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

лук репчатый, шалот, аскорбиновая кислота, суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов, полифенолы, фотосинтетические пигменты

Biochemical composition of onions and shallots when grown in winter-spring period

ABSTRACT

Relevance. In winter, the most useful vegetable for humans is the leaves of onions. As a green crop, onion is characterized by high yield, early maturity, and possesses the necessary bioactive phytochemicals – vitamins, organic acids, minerals for the healthy benefit. The purpose of our research was to assess the quality of leaves of onion and shallot cultivars of onion breeding FSBSI FSVC in winter-spring season.

Material and Methods. The material for the study were onion cultivars Zolotnichok, Chorny Prints, Myachkovsky 300, Rosario, Sputnik and shallot cultivar Cascade. Planting for greens was carried out in a glazed winter greenhouse in February in seedling boxes with peat soil "bridge" method. For planting onions of 22,1-40,0 mm fraction were used. Biochemical parameters were analyzed: dry matter content, total content of water-soluble antioxidants and antioxidants in alcohol extract, polyphenols and photosynthetic pigments in the leaves of onions and shallot.

Results. Qualitative analysis of products for the content of dry matter, monosaccharides, sum of water-soluble antioxidants, ascorbic acid showed that the maximum content of biochemical substances was observed in shallot. The content of polyphenols and sum of antioxidants in the alcoholic extract, as well as the amount of photosynthetic pigments differed and depended on the sample.

KEYWORDS:

onion, shallot, ascorbic acid, total content of water-soluble antioxidants, polyphenols, photosynthetic pigments

Введение

Круглогодичное обеспечение населения свежими овощами имеет важное значение для здоровья людей. Ввиду сложных климатических условий России, когда вопрос получения свежей продукции стоит особенно остро, в осенне-зимне-весенний период широко используется защищённый грунт. Зеленные овощи, выращенные в условиях защищённого грунта в этот период, необходимы для полноценного питания людей, т. к. содержат витамины, органические кислоты, минеральные вещества и т.д. В зимний период к наиболее полезным овощам для человека относится и надземная масса лука репчатого. Зелёный лук выращивают как в открытом, так и защищённом грунте в весенний, поздний осенний и зимний периоды. Как выгоночная зеленная культура лук репчатый характеризуется высокой урожайностью и скороспелостью. Зелёные листья лука репчатого содержат до 30 мг% аскорбиновой кислоты, бета-каротин – 2 мг%, витамины В₁ (0,02), В₂ (0,1), РР (0,3), эфирные масла, придающие луку специфический вкус и запах, а также фитонциды, обуславливающие его бактерицидные свойства. Энергетическая ценность 19-22 Ккал на 100 г продукта [1, 2].

При выгонке зелёного лука используют, как правило, лук-выборок многозачатковых сортов с учетом периода его покоя, а также лук шалот [1, 3, 4, 5, 6]. Лук-выборок получают путем отбора мелкой фракции при товарном выращивании лука репчатого на луковичу, отбора крупной фракции при выращивании лука севка и путем высева семян с нормой 30-40 кг/га. Пригодность для выгонки зависит от сортовых свойств выборка.

С увеличением размера посадочного материала абсолютный урожай зелёного лука увеличивается, в то время как относительный урожай снижается [1].

Для выращивания используются различные легкие по составу субстраты [7].

Широко известно, что сортовые особенности оказывают значительное влияние на проявление различных хозяйственно ценных признаков и накопление биологически активных веществ [8, 9]. Оценка и выделение сортов, а также создание сортов и гибридов с заданными свойствами являются важной задачей для селекционеров [10].

Ряд обзоров посвящён производству и использованию луковых культур со многими аспектами науки о растениях, лежащими в основе технологий их производства и хранения, а также структуре растений, генетике и селекции, физиологии роста и развития, вредителям и болезням, агрономии производства, хранению после сбора урожая и биохимии вкуса, углеводов и цвета при хранении, а также тому, как это влияет на питание человека и его здоровье [11, 12, 13, 14].

Лук-шалот, *Allium ascalanicum* L., является одним из ведущих продуктов садоводства, который широко выращивают, например, в Индонезии. У четырёх сортов индонезийских луков-шалотов (Bima Brebes, Biru Lancor, Saptosari и Filipin) были проанализированы профили летучих компонентов с использованием твердофазной микроэкстракции (SPME)-газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GCMS). Анализ GCMS выявил 104 типа летучих соединений, в которых основными летучими соединениями были дисульфиды, серосодержащие, тиофены и различные функциональные группы [15].

Показано, что в Эфиопии выращивание лука репчатого более популярно, чем лука шалота в связи с тем, что, по мнению потребителей, лук репчатый вкуснее, чем лук шалот [16].

В условиях лесостепи Приобья Алтайского края изучен биохимический состав 76 образцов лука репчатого различного географического происхождения и 4 сортов лука шалота. Из изученных образцов выделен ряд сортов, среди которых Одинцовец и Мячковский 300, в качестве генетических источников для селекции на повышение содержания сухого вещества, а у шалота – сорт Яшма [17, 18].

Цель наших исследований – оценить качество надземной массы лука репчатого и лука шалота сортов селекции ФГБНУ ФНЦО при выгонке из выборки в зимне-весенний период в условиях защищённого грунта.

Для этого были проведены биохимические анализы: содержание сухого вещества, аскорбиновой кислоты, суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов и антиоксидантов в спиртовом экстракте, полифенолов и фотосинтетических пигментов в надземной массе лука репчатого и лука шалота.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили сорта лука репчатого селекции ФГБНУ ФНЦО: Золотничок, Черный принц, Мячковский 300, Розарио, Спутник и лук шалот сорт Каскад в качестве сравнения (рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6). Сорта лука репчатого – Мячковский 300, Золотничок и Спутник для исследования были предоставлены старшим научным сотрудником Лаборатории селекции и семеноводства луковых культур ФГБНУ ФНЦО Логуновой Валентиной Владимировной.

Сорт Золотничок. Среднеспелый, период от полных всходов до массового полегания листьев 79-108 суток в зависимости от региона. Вкус полуострый. Луковица округлая, массой 62 г. Сухие чешуи золотисто-жёлтые, число их 2-3, сочные – белые. Двух-, трехзачатковый. Товарная урожайность луковиц 32,9 т/га. Вызреваемость после дозревания 70-100%. Содержание сухого вещества 10,1-14,3 %, суммы сахаров 6,2-9,7%. Пригоден для хранения, среднеустойчив к пероноспорозу.

Сорт Чёрный принц. Среднеспелый. Вкус полуострый. Луковица округлая, массой 60-100 г. Сухие чешуи темно-фиолетовые, число их 3-4, сочные – белые со слабо-фиолетовым оттенком. Двух-, трехзачатковый. Товарная урожайность луковицы 15,3-38,0 т/га. Рекомендуются для получения луковицы в однолетней культуре из семян и двулетней из севка.

Сорт Мячковский 300. Раннеспелый, период от полных всходов до массового полегания листьев 90-119 суток. Вкус полуострый. Луковица плоская и округло-плоская, массой 85-300 г. Сухие чешуи желтые, сочные – белые. Мало-зачатковый. Товарная урожайность 28,9 т/га. Вызреваемость луковиц перед уборкой 75-99%. Содержание сухого вещества 13-15%, общего сахара 11,6-12,3%. Пригоден для длительного хранения. Рекомендуются для выращивания на луковичу в однолетней культуре из семян и двулетней из севка. Отличается повышенной устойчивостью к ложной мучнистой росе.

Сорт Розарио. Среднеспелый, полуострый, луковица округлая, массой 65-80 г. Розовые сухие чешуи, двух- и трехзачатковый, сочные – белые. Шейка от средней до толстой толщины. Товарная урожайность луковицы 210-440 ц/га. Вызреваемость перед уборкой 80%, после дозревания 98%. Рекомендуются для получения луковицы в однолетней культуре из семян и двулетней из севка.

Сорт Спутник. Среднеспелый. Период от полных всходов до массового полегания листьев 95-106 суток (из семян). Вкус полуострый. Луковица от плоской до округло-плоской, массой 70-80 г. Сухие чешуи желтые, число их 2-3. Сочные чешуи белые. Двухзачатковый. Товарная урожайность луковицы в однолетней культуре 22,8-36,6 т/га. Вызреваемость лука перед уборкой 70-100%, после дозаривания – 90-100%. Содержание сухого вещества 15,7%, суммы сахаров 10,1%. Обладает хорошей лежкостью, повышенной устойчивостью к пероноспорозу.

Лук шалот сорт Каскад. Раннеспелый. Вкус острый. Луковица широкояйцевидная, массой 35 г, плотная. Сочные чешуи белые, с оттенком розового, сухие чешуи розовые. Многозачатковый. Содержание сухого вещества 14,8-15,3%, суммы сахаров 11-12%. Товарная урожайность луковицы 1,6-1,8 кг/м². Вызреваемость лука после дозаривания – 100%. Хранится в течение 7 месяцев. Ценность сорта: раннеспелость, высокая вызреваемость и лёжкость.

Опыт заложен в 4-х кратной повторности в рассадных ящиках 40х60 см с торфогрунтом, на основе нейтрализованного верхового торфа с комплексным удобрением, слоем 10 см. Посадку проводили в 2019-2020 годах в условиях защищённого грунта (остекленная теплица) 6 февраля с температурным режимом ночью 20°C, днем 24°C. После обильного полива проводили высадку лука-выборка одной фракции 22,1-40,0 мм [19] «мостовым» методом из расчета 530 луковиц на 1 м². Уход заключался в поддержании влажности почвы, а за 2 суток до уборки полив прекращали. Уборка и учет урожая – 28 февраля [20].

В Лабораторно-аналитическом отделе был изучен биохимический состав надземной массы и луковиц выборка лука репчатого и лука шалота по следующим показателям: определение суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов – по методу Максимовой и др., [21], стандартом являлись аскорбиновая и галловая кислоты (АК и ГК); содержание аскорбиновой кислоты – по методике Сапожниковой, Дорофеевой [22]. Содержание сухого веще-



Рис. 1. Лук репчатый сорт Золотничок
Fig. 1. Onion cv. Zolotnichok



Рис. 2. Лук репчатый сорт Чёрный принц
Fig. 2. Onion cv. Chornyy Prints



Рис. 3. Лук репчатый сорт Мячковский 300
Fig. 3. Onion cv. Myachkovsky 300



Рис. 4. Лук репчатый сорт Розарио
Fig. 4. Onion cv. Rosario



Рис. 5. Лук репчатый сорт Спутник
Fig. 5. Onion cv. Sputnik



Рис. 6. Лук шалот сорт Каскад
Fig. 6. Shallot cv. Cascade

Рис. 1-6. Сорта лука репчатого и лука шалота селекции ФГБНУ ФНЦО
Fig. 1-6. Onion and shallot cv. of FSBSI FSVS breeding

ства устанавливали методом высушивания навески до постоянного веса при температуре 70 °С в течение 72 часов [23], содержание моносахаров анализировали цианидным методом (Сабуровой, Копериной) [24].

Определение суммарного содержания антиоксидантов в спиртовом экстракте устанавливали по методу [22] титрованием 0.01 N раствора $KMnO_4$ этанольным (сухой материал) экстрактом образцов. Восстановление $KMnO_4$ до бесцветного Mn^{2+} в этой реакции отражает количество антиоксидантов, растворенных в 70 % этаноле. Результаты выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты/г с.м. [22]. В качестве стандарта использовали галловую кислоту [25].

Определение суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов и антиоксидантов в спиртовом экстракте устанавливали по методу [22] титрованием 0.01 N раствора $KMnO_4$ водным (сырой материал) и этанольным (сухой материал) экстрактами образцов. Восстановление $KMnO_4$ до бесцветного Mn^{2+} в этой реакции отражает количество антиоксидантов, растворенных в 70 % этаноле и дистиллированной воде. Результаты выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты/г с.м. [22]. В качестве стандарта использовали галловую кислоту [25].

Для определения содержания хлорофиллов а и b, а также суммы каротиноидов брали навески каждого образца, экстрагировали 96%-ным этанолом и результат определяли на спектрофотометре с использованием методики Lichtenthaler et al. (1987) [26].

При проведении исследований отбирали среднюю пробу материала в четырехкратной повторности. Разделение средних проводили с помощью теста множественного ряда Дункана, с учетом уровня вероятности 0,05, с использованием программного обеспечения SPSS версии 27. Результатом теста является набор подмножеств средних, где в каждом подмножестве средства признаны не отличающимися друг от друга значимо.

Множественный интервальный тест Дункана использует распределение ступенчатого интервала для определения критических значений при сравнении средних. Различные сравнения между средними могут отличаться по уровню значимости – поскольку уровень значимости зависит от размера подмножества рассматриваемых средних. Тест множественного интервала Дункана (DMRT) – это тест post hoc для измерения конкретных различий между парами средних [27].

Результаты и дискуссия

После уборки урожая был проведен качественный анализ листьев лука репчатого и лука шалота на содержание в ней сухого вещества, моносахаров, суммы водорастворимых антиоксидантов, аскорбиновой кислоты, полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте, содержание фотосинтетических пигментов, а также анализ лукович на содержание сухого вещества, полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте.

Проведённые биохимические анализы показали, что наибольшее содержание как моносахаров, так и сухого вещества было отмечено в надземной массе лука-шалота (1,48% и 7,37 % соответственно) и достоверно превышало этот параметр в образцах лука репчатого сорта Мячковский 300. Несмотря на то, что в надземной массе сорта Мячковский 300 было в 1,8 и 1,5 раза ниже содержание как моносахаров, так и сухого вещества по сравнению с другими сортами, статистически достоверных отличий по этим параметрам

выявлено не было (рис. 7). Необходимо отметить, что содержание сухого вещества в надземной массе как сортов лука репчатого, так и у лука шалота, выращенных в условиях защищённого грунта (4,80% ... 7,37%) достоверно ниже, чем в тех образцах, которые выращены в условиях открытого грунта. Так, в литературе показано, что в надземной массе гибридов *Allium cepa* L. x *Allium nutans* L. процент сухого вещества составляет от 9,3% до 12,7 % [28]. Тогда как у листьев многолетних луков содержание сухого вещества было от 9,5% до 21,4%, что в 1,5-4 раза превышало полученные нами данные [29].

Рассчитанный нами коэффициент корреляции ($R=0,79$) показал высокую взаимосвязь между этими двумя параметрами в надземной массе луков репчатого и шалота (рис. 8).

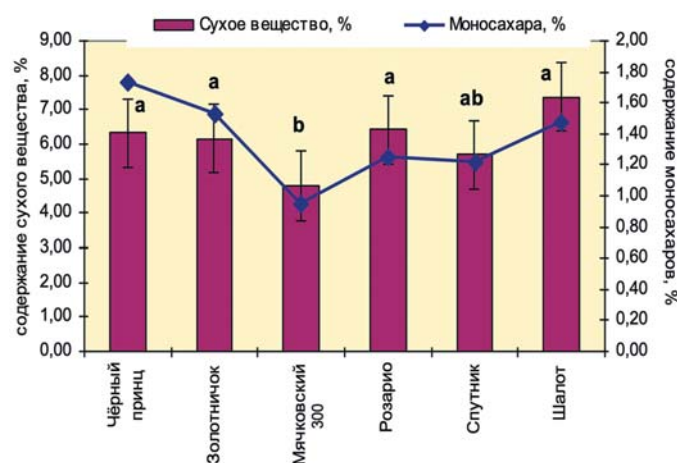


Рис. 7. Содержание сухого вещества и моносахаров в надземной массе лука репчатого и шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0,05$
Fig. 7. Dry matter and monosaccharides content in the aboveground mass of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

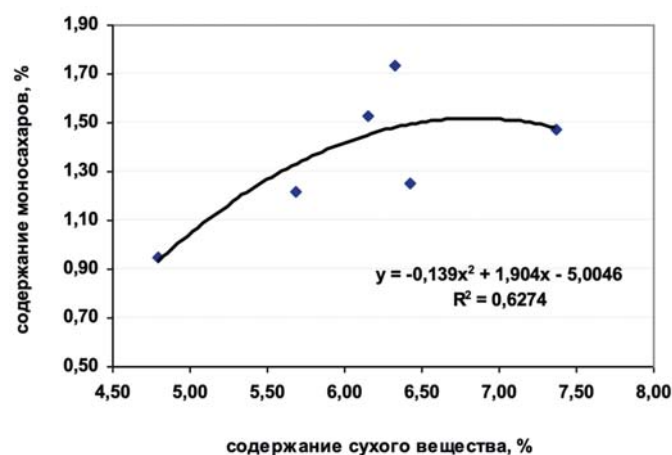


Рис. 8. Корреляционная зависимость между содержанием сухого вещества и моносахаров в надземной массе лука репчатого и шалота ($R=0,79$; при $p<0,05$)
Fig. 8. Correlation relationship between dry matter and monosaccharides content in the shoot mass of onion and shallot ($R=0,79$; at $p<0.05$)

В России листья лука являются основным видом овощной зелени, особенно в ранне-весенний период и, согласно литературным данным, надземная масса многолетних видов лука содержит значительное количество аскорбиновой кислоты – до 97 мг% [30]. Кроме того, этими же авторами проанализировано содержание микроэлементов, селена

и калия в листьях луков и показаны значительные различия по их содержанию [30, 31, 32]. Поэтому, нами было определено содержание аскорбиновой кислоты и суммы водорастворимых антиоксидантов в надземной массе луков. И если содержание аскорбиновой кислоты во всех образцах было сравнимо (0,18-0,26 мг/г) и статистически достоверно не различалось, то содержание суммы водорастворимых антиоксидантов было максимальным в надземной массе лука шалота – 21,27 мг-экв Ак/1г и в 1,6 и 2,9 раза превышала этот параметр у других образцов (рис. 9).

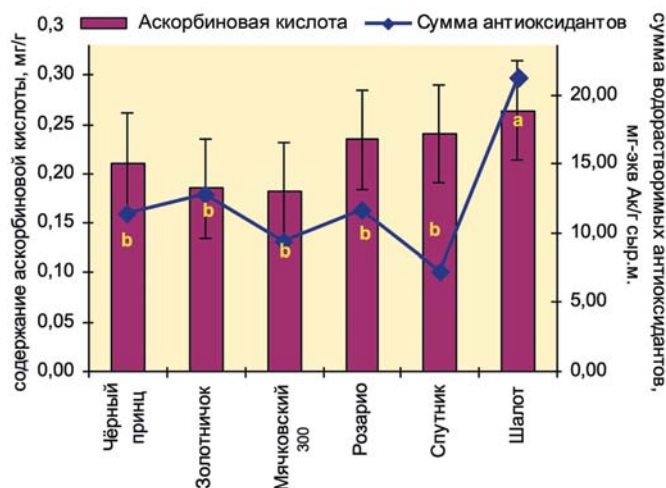


Рис. 9. Содержание аскорбиновой кислоты и суммы водорастворимых антиоксидантов в надземной массе лука репчатого и лука шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
Fig. 9. Content of ascorbic acid and the sum of water-soluble antioxidants in the shoot mass of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0,05$

Содержание аскорбиновой кислоты в таких же пределах – от 15,8 мг% до 28,6 мг% – было выявлено авторами при изучении надземной массы гибридов лука [28]. Только лишь у стандартного образца *Allium nutans* L. было отмечено 51,7 мг% аскорбиновой кислоты в надземной массе, что существенно (в 2-3 раза) превышает наши результаты. По суммарному содержанию водорастворимых антиоксидантов в надземной массе гибридов выявлено от 15,3 до 24,4 мг-экв Ак/г, что статистически достоверно превышала полученные нами данные в 2-3

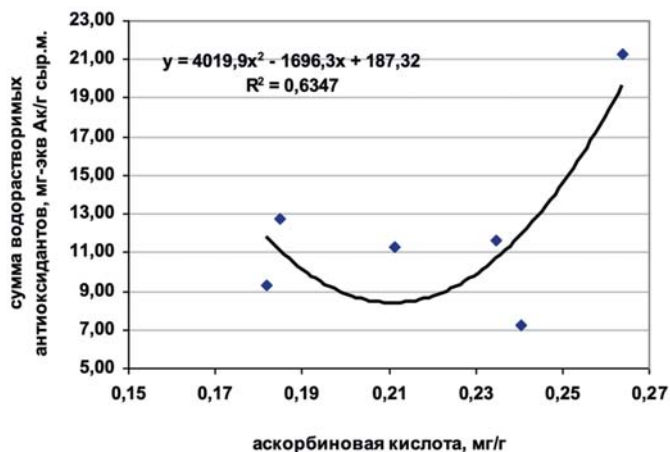


Рис. 10. Корреляционная зависимость между содержанием аскорбиновой кислоты и суммарным содержанием водорастворимых антиоксидантов ($R=0,80$; при $p < 0,05$)
Fig. 10. Correlation between ascorbic acid content and total water-soluble antioxidants content ($R=0,80$; at $p < 0,05$)

раза, за исключением этого показателя у лука шалота [28].

При этом рассчитанный коэффициент корреляции между этими двумя параметрами был так же высоким – $R=0,80$ (рис. 10). Это обусловлено тем, что аскорбиновая кислота является одним из составляющих компонентом суммы водорастворимых антиоксидантов, при изменении одного фактора меняется и вся сумма.

Корреляционный анализ между изученными биохимическими параметрами показал наличие высокой взаимосвязи между количеством сухого вещества и другими параметрами. Связано это с тем, на наш взгляд, что надземная масса луков во время весенней выгонки активно нарастает, синтезирует и накапливает биологически активные вещества (табл. 1).

Таблица 1. Корреляционные связи между биохимическими показателями в листьях лука
Table 1. Correlations between biochemical parameters in onion leaves

	Сухое вещество	Аскорбиновая кислота	Суммарное содержание водорастворимых АО	Моносахара
Сухое вещество	1			
Аскорбиновая кислота	0,70	1		
Суммарное содержание водорастворимых АО	0,82	0,49	1	
Моносахара	0,68	0,15	0,42	1

Помимо содержания водорастворимых антиоксидантов нами было изучено содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте в надземной массе луков. Наибольшее содержание суммы антиоксидантов отмечено в

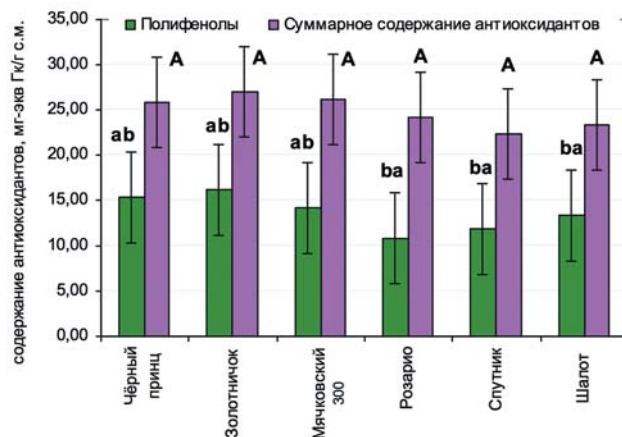


Рис. 11. Содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте в надземной массе лука репчатого и лука шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$

Fig. 11. Content of polyphenols and sum of antioxidants in alcohol extract in the shoot mass of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0,05$

листьях сортов Чёрный принц, Золотничок и Мячковский 300 (25,78-27,08 мг-экв Гк/г сух. м.), тогда как у сортов Розарио и Спутник, и лука шалота показана тенденция к снижению содержания антиоксидантов (22,32 мг-экв Гк/г сух. м.). По содержанию полифенолов статистически достоверных различий между вариантами опыта не было отмечено и все результаты были в пределах 10,79-16,12 мг-экв Гк/г сух. м. (рис. 11).

На примере надземной массы многолетних луков авторами [29] показано, что содержание полифенолов и антиоксидантов составляет от 2,06 до 8,5 мг-экв Гк/г сух.м. и от 1,5 до 6,4 мг-экв Гк/г сух.м. соответственно. Эти данные достоверно ниже полученных нами результатов по содержанию антиоксидантов в спиртовом экстракте в надземной массе сортов лука репчатого и лука шалота. Рассчитан высокий коэффициент корреляции между содержанием полифенолов и суммой антиоксидантов в спиртовом экстракте – $R=0,85$ (рис. 12).

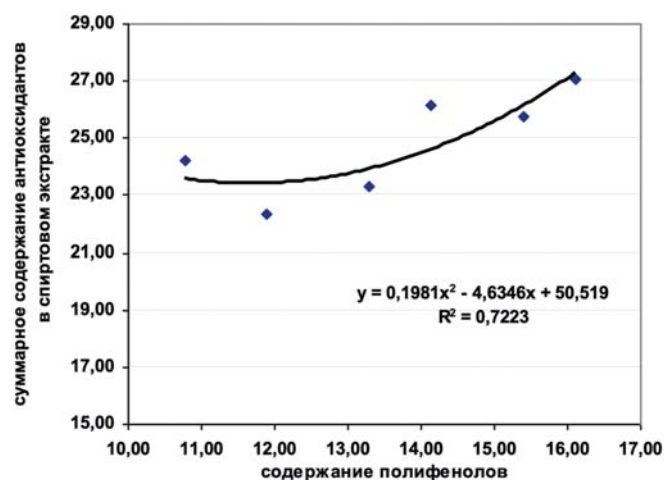


Рис. 12. Корреляционная зависимость между содержанием полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте в надземной массе лука репчатого и лука шалота ($R=0,85$; при $p<0,01$)

Fig. 12. Correlation relationship between the content of polyphenols and the sum of antioxidants in the alcoholic extract in the leaves of onion and shallot ($R=0.85$; at $p<0.01$)

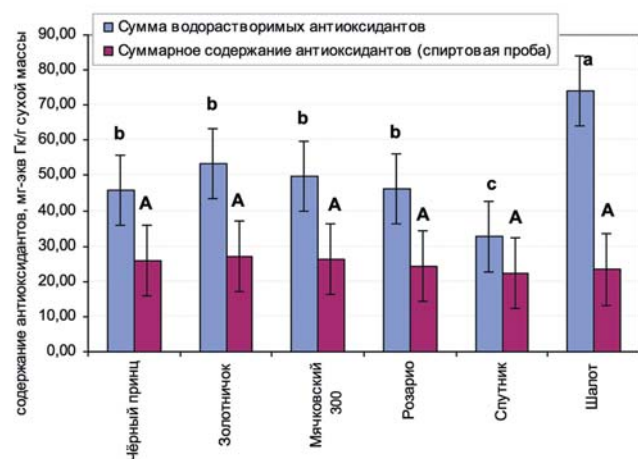


Рис. 13. Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (в пересчёте на сухую массу) и суммарное содержание антиоксидантов в спиртовом экстракте в листьях лука репчатого и лука шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0,05$

Fig. 13. Total content of water-soluble antioxidants (in terms of dry weight) and total antioxidant content in alcohol extract in the leaves of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

Мы сравнили данные по содержанию водорастворимых антиоксидантов (в пересчёте на сухую массу) и сумму антиоксидантов в спиртовом экстракте (рис. 13). Содержание полифенолов в надземной массе луков в пересчёте на сухую массу было сравнимо между образцами, тогда как по сумме водорастворимых антиоксидантов было показано превышение данного параметра в надземной массе лука шалота сорта Каскад в 1,5-2 раза.

Коэффициент корреляции между двумя параметрами содержания антиоксидантов в различных экстрактах был высоким – $R=0,91$ (рис. 14).

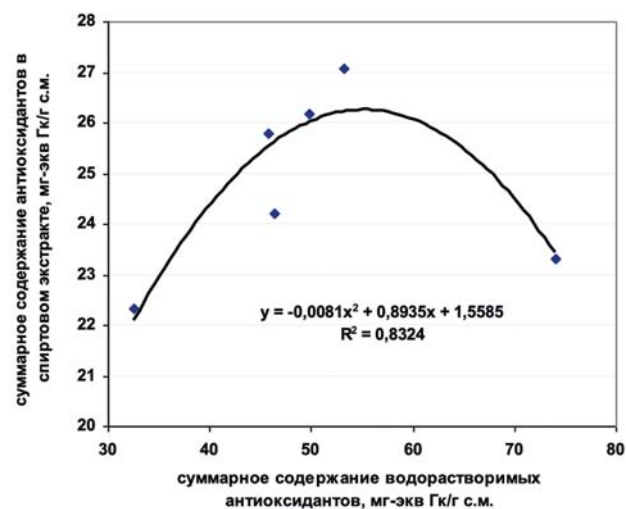


Рис. 14. Корреляционная зависимость между суммарным содержанием водорастворимых антиоксидантов и суммарным содержанием антиоксидантов в спиртовом экстракте ($R=0,91$; при $p<0,002$)

Fig. 14. Correlation relationship between total water-soluble antioxidants and total antioxidants in alcohol extract ($R=0.91$; at $p<0.002$)

В проанализированной нами надземной массе лука репчатого и лука шалота по содержанию фотосинтетических пигментов было выявлено, что максимальное количество хлорофилла а отмечено у сорта Спутник (0,87 мг/г), что в 1,2-1,6 раза превышает другие варианты опыта (рис. 15). В других сортах этот показатель составлял от 0,54 мг/г до 0,70 мг/г. На луках многолетних также было выявлено, что содержание хлорофилла а у разных видов различалось и составляло от 0,33 мг/г

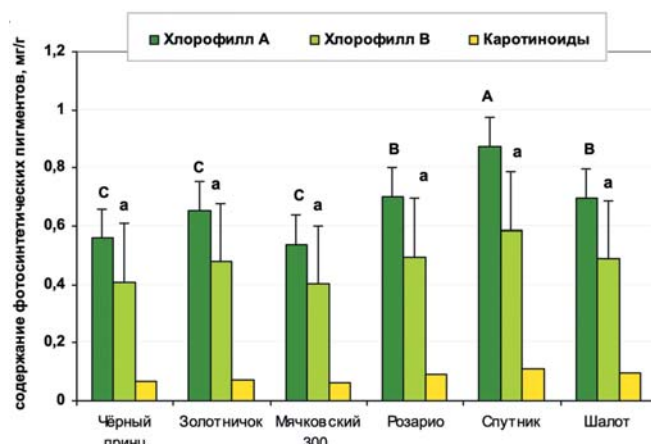


Рис. 15. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях лука репчатого и лука шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0,05$

Fig. 15. Photosynthetic pigments content in the leaves of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

(у вида *A. oreophilum* L.) до 0,96 мг/г (у вида *A. ursinum* L.), а хлорофилла b 0,21 мг/г (также у вида *A. oreophilum* L.) до 0,73 мг/г (у вида *A. ursinum* L.), что в свою очередь коррелирует с полученными нами данными [29].

Коэффициенты корреляции между содержанием хлорофилла a, b и каротиноидов были высокими – от 0,90 до 0,99 (табл. 2).

Таблица 2. Корреляционные связи между содержанием фотосинтетических пигментов в листьях сортов лука репчатого и лука шалота
Table 2. Correlations between the content of photosynthetic pigments in the leaves of onion and shallot cultivars

	Хлорофилл a	Хлорофилл b	Каротиноиды
Хлорофилл a	1		
Хлорофилл b	0,99	1	
Каротиноиды	0,93	0,90	1

Помимо исследований надземной массы лука репчатого и лука шалота, нами был проведён качественный анализ лукович – содержание сухого вещества, суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте и содержание полифенолов.

Достоверных различий по содержанию сухого вещества в луковичах отмечено не было (рис. 16). Лишь у сорта Мячковский 300 было показано снижение содержания данного параметра в 1,3 раза по сравнению с другими сортами.

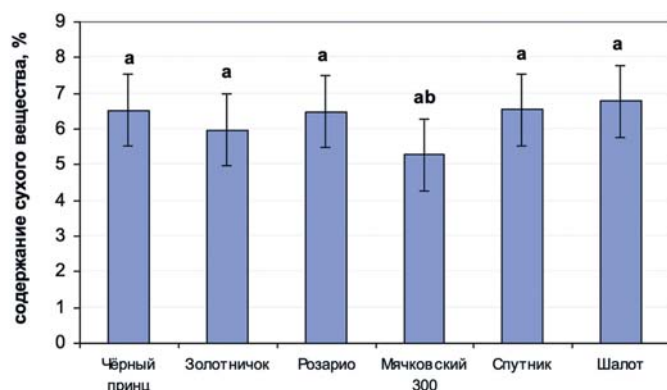


Рис. 16. Содержание сухого вещества в луковичах лука репчатого и шалота при выращивании на зелёную массу. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$.
Fig. 16. Dry matter content in onion and shallot bulbs when grown for green mass. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0,05$.

Суммарное содержание антиоксидантов в луковичах было сравнимо и составляло в пределах 27,65...33,10 мг-экв ГК/г сух. м. Тогда как у двух сортов – Чёрный принц и Спутник в 1,3 раза и 1,7 раза было статистически достоверно ниже по сравнению с другими сортами (рис. 17).

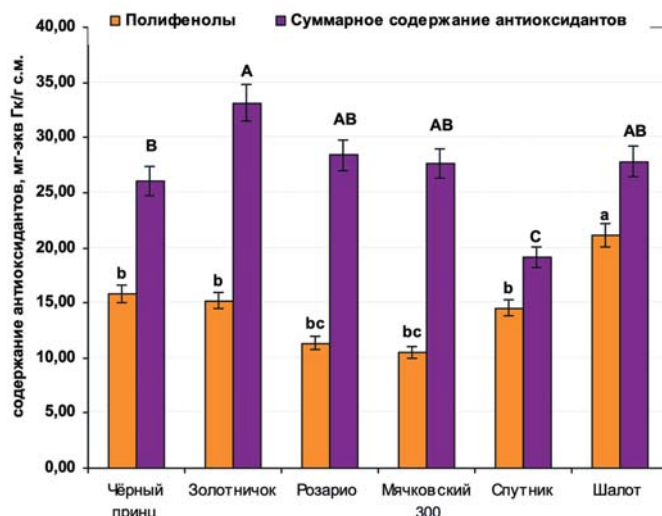


Рис. 17. Содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте в луковичах лука репчатого и лука шалота. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$.
Fig. 17. Content of polyphenols and sum of antioxidants in alcohol extract in onion bulb of onion and shallot. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0,05$.

По содержанию полифенолов наибольшее значение было выявлено у луковича лука шалота сорта Каскад – 21,19 мг-экв Гк/г, что в 1,9-2 раза выше показателя у сортов Розарио и Мячковский 300 (11,33 и 10,55 мг-экв Гк/г сух.м. соответственно). При этом корреляционная зависимость между этими параметрами была низкой – $R=0,18$.

Полученные нами данные о различных корреляционных взаимосвязях возможно объясняется тем, что ряд генов, связанных с углеводным обменом лука, метаболизмом серы и развитием луковича, имеют различную тканеспецифическую экспрессию [33, 34]. В работе Cheng et al, 2021 [33] представлены подробные пространственные и временные эксперименты по развитию надземной массы луков, которые описывают экспрессию генов в тканях листьев и лукович во время развития длиннодневных сортов в условиях длинного и короткого дня.

Закключение

В надземной массе лука шалота сорта Каскад отмечено максимальное содержание сухого вещества – 7,37% (в 1,3-1,5 раза) и суммы водорастворимых антиоксидантов – 21,12 мг-экв Ак/1 г сыр. м. (в 2 раза по сравнению с другими сортами). Наибольшее содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте было отмечено в надземной массе сорта Золотничок – 16,12 мг-экв Гк/1 г сыр. м. и 27,08 мг-экв Гк/1 г сыр. м., а лук репчатый сорт Спутник был выделен по наибольшему количеству фотосинтетических пигментов в надземной массе.

• Литература

1. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М. 2001. 500 с.
2. Солдатенко А.В., Борисов В.А. Экологическое овощеводство. М., ФГБНУ ФНЦО. 2022. 504 с. ISBN 978-5-901695-88-3. <https://elibrary.ru/HBRGMW>
3. Доппельт К.В., Юрина А.В. Сортоизучение лука шалота при выгонке на зелень. Молодежь и наука. 2016;(5):56. <https://elibrary.ru/WYJHJN>
4. Середин Т.М., Шумилина В.В., Агафонов А.Ф., Жаркова С.В., Сузан В.Г., Мотов В.М., Дубова М.В., Кривенков Л.В., Баранова Е.В., Шевченко Т.Е. Выращивание лука шалота в условиях Нечерноземья и на Юге Западной Сибири. Омск. 2019. 44 с. <https://elibrary.ru/ZYHCQH>
5. Марчева М.М., Середин Т.М., Бочарова М.А. Выгоночная культура лука шалота (*Allium ascalonicum* L.). В сборнике: Растениеводство и луговодство. Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. 2020. С. 392-393. <https://elibrary.ru/FZVVUE>
6. Кудряшова Л.В., Лабузина Л.Н., Петрова А.Ю. Выгонка сортов лука шалота на перо в зимне-весеннее время. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2021;(23):78-81. <https://elibrary.ru/CTWPOY>
7. Смирягин В.В. Выращивание лука на перо на различных субстратах в теплице индивидуального сектора. *Вестник ТГУ*. 2013;18(4):1285-1287. <https://elibrary.ru/QBBRKT>
8. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Антошкина М.С., Агафонов А.Ф., Надежкин С.М. Сортовые различия в накоплении биологически активных соединений луком репчатым *Allium cepa* L. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2016;(2):51-54. <https://elibrary.ru/WZBNKD>
9. Кривенков Л.В., Логунова В.В., Молчанова А.В., Баранова Е.В., Середин Т.М. Сортовое разнообразие лука репчатого по стабильности содержания сухого вещества в продукции. *Доклады ТСХА*. 2020;292(V):354-356.
10. Кривенков Л.В., Агафонов А.Ф., Логунова В.В., Середин Т.М. Состояние и основные направления селекции луковых культур ФГБНУ ФНЦО. *Овощи России*. 2021;(3):24-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-24-28> <https://elibrary.ru/APNHGR>
11. Golubkina N.A., Caruso G. Nutritional Composition, Health Benefits and Antioxidant Properties of Onion. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables. 1st Edition Paperback Academic Press 1st September; 2018. ISBN: 9780128127803.
12. Romo-Pérez M.L., Weinert C.H., Egert B., Franzisky B.L., Kulling S.E., Zöhr C. Sodium accumulation has minimal effect on metabolite profile of onion bulbs. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021;(168):423-431. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.10.031>
13. Chakraborty A.J., Uddin T.M., Zidan B.M.R.M., Mitra S., Das R., Nainu F., Dhama K., Roy A., Hossain Md. J., Khusro A., Emran T. B. *Allium cepa*: A Treasure of Bioactive Phytochemicals with Prospective Health Benefits. Hindawi. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2022. ID 4586318.27 <https://doi.org/10.1155/2022/4586318>
14. Geisseler D., Ortiz R.S., Diaz J. Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.) – A literature review. *Scientia Horticulturae*. 2022;(291):110591. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110591>
15. Indrasari S.D., Arofah D., Kristantini K., Sudarmaji, Handoko D.D. Volatile compounds profile of some Indonesian shallot varieties. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;(746):012009 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/746/1/012009>
16. Berhanu M.A., Berhany G.A. Constraints of onion (*Allium cepa* L.) yield production and food preference to shallot (*Allium ascalonicum* L.) in the Case of Bibugn Woreda, Amhara Regional State, Ethiopia. *Food Science and Quality Management*. 2014;(21):41-45.
17. Столбова Т.М. Биохимические показатели лукович лука репчатого в условиях юга Западной Сибири. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018;7(165):16-19. <https://www.elibrary.ru/ylyqxad>
18. Столбова Т.М., Малыхина О.В., Шишкина Е.В., Жаркова С.В. Влияние условий выращивания на качественные показатели сортов лука шалота. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019;(3-1):135-137. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-10637> <https://elibrary.ru/UCAONV>
19. ГОСТ 30088-93 Лук-севок и лук-выборок. Посевные качества. Общие технические условия. 1995.13.
20. Агафонов А.Ф. Разработка сортовой агротехники при выращивании лука-шалота и выгонке его на зелень в открытом и защищенном грунте. 1984. 240 с.
21. Максимова Т.В., Никулина И.Н., Пахомов В.П., Шкарина Е.И., Чумакова З.В., Арзамасцев А.П. Способ определения антиокислительной активности. Описание изобретения к патенту Российской Федерации. М. 2001. Пат. РФ 2170930 С1.
22. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. 2020; *Серия Научная мысль*. 181. ISBN 978-5-16-015666-8. <https://doi.org/10.12737/1045420> <https://elibrary.ru/VTGIGM>
23. ГОСТ 31-640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2020. 12 с.
24. Определение сахаров в овощах, ягодах и плодах. Цианидный метод определения сахаров в растениях. Практикум по агрохимии, под ред. Кидина В.В. Москва, изд-во «Колос». 2008. С. 236-240.
25. Мисин В.М., Клименко И.В., Журавлева Т.С. О пригодности галловой кислоты в качестве стандартного образца состава антиоксиданта. *Компетентность*. 2014;7(118):46-51. <https://elibrary.ru/SNHHYF>
26. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987;(148):350-382.
27. Glen S. "Duncan's Multiple Range Test (MRT)". StatisticsHowTo.com: Elementary Statistics for the rest of us! 2023. <https://www.statisticshowto.com/duncans-multiple-range-test/>
28. Романов В.С., Кан Л.Ю., Тимин Н.И., Домблides А.С., Молчанова А.В., Тареева М.М. Характеристика гибридов между *Allium cepa* L. и *Allium nutans* L. по биохимическому составу. *Овощи России*. 2017;(5):33-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-33-36> <https://elibrary.ru/XNBMSD>
29. Голубкина Н.А., Середин Т.М., Молчанова А.В., Кошелева О.В. Сравнительная оценка показателей антиоксидантной активности некоторых видов многолетних луков. *Овощи России*. 2018;(5):73-76. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-73-76> <https://elibrary.ru/YPELVX>
30. Агафонов А.Ф., Дудченко Н.С., Голубкина Н.А. Многолетние луки - пища и лекарство. *Овощи России*. 2009;(1):25-30. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-25-30> <https://elibrary.ru/OYCLFN>
31. Голубкина Н.А., Агафонов А.Ф., Дудченко Н.С. Накопление селе- на листьями многолетних луков. *Овощи России*. 2009;(2):26-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-2-26-28> <https://elibrary.ru/NLIDNT>
32. Голубкина Н.А., Агафонов А.Ф., Дудченко Н.С. Содержание микроэлементов в многолетних луках. *Гавриш*. 2009;(5):18-21. <https://elibrary.ru/LAMJZH>
33. Cheng W., Rashid H.A., Stark R., Thomas B. The role of organ – and daylength – specific gene expression in bulb development and resource management in onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*. August 2021. V.28625. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110223>
34. Brahimi A., Landschoot S., Bekaert B., Hajji L., Hajji H., Audenaert K., Haesaert G., Mazouz H. Exploring the genetic and phenotypic diversity within and between onion (*Allium cepa* L.) ecotypes in Morocco. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2022;(20):96. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00381-w>

• References

1. Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. M. 2001. 500 p. (In Russ.)
2. Soldatenko A.V., Borisov V.A. Ecological vegetable growing. M., 2022. 504 p. ISBN 978-5-901695-88-3. (In Russ.) <https://elibrary.ru/HBRGMW>
3. Doppel K.V., Yurina A.V. Growing green onions on the greens. *Molodezh i nauka*. 2016;(5):56. (In Russ.) <https://elibrary.ru/WYJHJN>
4. Seredin T.M., Shumilina V.V., Agafonov A.F., Zharkova S.V., Suzan V.G., Mотов V.M., Dubova M.V., Krivenkov L.V., Baranova E.V., Shevchenko T.E. Growing shallots in the conditions of the Non-Black Earth Region and in the South of Western Siberia. Omsk. 2019. 44 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ZYHCQH>
5. Marcheva M.M., Seredin T.M., Bocharova M.A. Outcrop culture of shallot onion (*Allium ascalonicum* L.). In the collection: Plant growing and meadow farming. Collection of articles of the All-Russian scientific conference with international participation. 2020. P.392-393. <https://elibrary.ru/FZVVUE>

6. Kudryashova L.V., Labuzina L.N., Petrova A.Yu. Burning of shallot onion varieties for feather in winter-spring time. *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. 2021;(23):78-81. (In Russ.) <https://elibrary.ru/CTWPOY>
7. Smiryagin V.V.. Growing onions for feather on different substrates in the greenhouse of the individual sector. *Tambov university reports. series: natural and technical sciences*. 2013;18(4):1285-1287. (In Russ.) <https://elibrary.ru/QBBRKT>
8. Golubkina N.A., Kekina Ye.G., Antoshkina M.S., Agafonov A.F., Nadezhkin S.M. Variety differences in accumulating biologically active combinations by common onion *Allium cepa* L. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2016;(2):51-54. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xdapsx>
9. Krivenkov L.V., Logunova V.V., Molchanova A.V., Baranova E.V., Seredin T.M. Varietal diversity of onion on the stability of dry matter content in products. *Reports of the TCAA*. 2020;292(V):354-356. (In Russ.)
10. Krivenkov L.V., Agafonov A.F., Logunova V.V., Seredin T.M. The state and main directions of onion crop breeding of FSBSI FSVC. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):24-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-24-28> <https://elibrary.ru/APNHGR>
11. Golubkina N.A., Caruso G. Nutritional Composition, Health Benefits and Antioxidant Properties of Onion. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables. 1st Edition Paperback Academic Press 1st September; 2018. ISBN: 9780128127803. (In Russ.)
12. Romo-Pérez M.L., Weinert C.H., Egert B., Franzisky B.L., Kulling S.E., Zöhr C. Sodium accumulation has minimal effect on metabolite profile of onion bulbs. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021;(168):423-431. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.10.031>
13. Chakraborty A.J., Uddin T.M., Zidan B.M.R.M., Mitra S., Das R., Nainu F., Dhama K., Roy A., Hossain Md. J., Khusro A., Emran T. B. *Allium cepa*: A Treasure of Bioactive Phytochemicals with Prospective Health Benefits. Hindawi. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2022. ID 4586318.27 <https://doi.org/10.1155/2022/4586318>
14. Geisseler D., Ortiz R.S., Diaz J. Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.) – A literature review. *Scientia Horticulturae*. 2022;(291):110591. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110591>
15. Indrasari S.D., Arofah D., Kristantini K., Sudarmaji, Handoko D.D. Volatile compounds profile of some Indonesian shallot varieties. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;(746):012009 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/746/1/012009>
16. Berhanu M.A., Berhany G.A. Constraints of onion (*Allium cepa* L.) yield production and food preference to shallot (*Allium ascalonicum* L.) in the Case of Bibugn Woreda, Amhara Regional State, Ethiopia. *Food Science and Quality Management*. 2014;(21):41-45.
17. Stolbova T.M. Biochemical indices of bulb onion in the south of West Siberia. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2018;7(165):16-19. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ylqxad>
18. Stolbova T.M., Malykhina O.V., Shishkina E.V., Zharkova S.V. Influence of growing conditions on qualitative indicators of shallot onion varieties. *International journal of humanities and natural sciences*. 2019;(3-1):135-137. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-10637> <https://elibrary.ru/UCAONV>
19. GOST 30088-93. Onion-seed and chives. Sowing qualities. General technical conditions. 1995. 13 p. (In Russ.)
20. Agafonov A.F. Development of varietal agrotechnics in the cultivation of shallots and their greening in the open and protected ground. 1984. 240 p. (In Russ.)
21. Maximova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamashev A.P. Method for determination of antioxidant activity. Description of the invention for the patent of the Russian Federation. M., 2001. RU2170930 C1. (In Russ.)
22. Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Antioxidants of plants and methods for their determination. 2020. Infra-M, Moscow. Russia. 181 p. (In Russ.) ISBN 978-5-16-015666-8. <https://doi.org/10.12737/1045420> <https://www.elibrary.ru/VTGIGM>
23. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruansky U.A., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods of biochemical research. L., Agropromizdat. 1987. 430 p. (In Russ.)
24. Determination of sugars in vegetables, berries and fruits. Cyanide method of determination of sugars in plants. Practicum on agrochemistry, ed. by V.V. Kidin. Moscow, publishing house "Kolos". 2008. P. 236-240. (In Russ.)
25. Misin V.M., Klimenko I.V., Zhuravleva T.S. On the suitability of gallic acid as a standard for an antioxidant formulation. *Competence*. 2014;7(118):46-51. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/SNHHYF>
26. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987;148:350-382.
27. Glen S. "Duncan's Multiple Range Test (MRT)". StatisticsHowTo.com: Elementary Statistics for the rest of us! 2023 <https://www.statisticshowto.com/duncans-multiple-range-test/>
28. Romanov V.S., Kan L.Yu., Timin N.I., Domblides A.S., Molchanova A.V., Tareeva M.M. Characterization of hybrids between *Allium cepa* L. and *Allium nutans* L. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):33-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-33-36> <https://www.elibrary.ru/XNBMSD>
29. Golubkina N.A., Seredin T.M., Molchanova A.V., Kosheleva O.V. Comparative evaluation of antioxidant activity in several perennial onion. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):73-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-73-76> <https://www.elibrary.ru/YPELXV>
30. Agafonov A.F., Dudchenko N.S., Golubkina N.A. Perennial onion is a plant of nourishing and medicinal properties. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(1):25-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-25-30> <https://www.elibrary.ru/OYCLFN>
31. Golubkina N.A., Agafonov A.F., Dudchenko N.S. Selenium accumulation in leaves of perennial onions. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(2):26-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-2-26-28> <https://www.elibrary.ru/NLIDNT>
32. Golubkina N.A., Agafonov A.F., Dudchenko N.S. Content of trace elements in perennial onions. *Gavriish*. 2009;(5):18-21. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/LAMJZH>
33. Cheng W., Rashid H.A., Stark R., Thomas B. The role of organ – and daylength – specific gene expression in bulb development and resource management in onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Horticulturae*. V.28625 August 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110223>
34. Brahim A., Landschoot S., Bekaert B., Hajji L., Hajji H., Audenaert K., Haesaert G., Mazouz H. Exploring the genetic and phenotypic diversity within and between onion (*Allium cepa* L.) ecotypes in Morocco. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2022;(20):96. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00381-w>

Об авторах:

Анна Владимировна Молчанова – кандидат с.-х. наук, с.н.с. Лабораторно-аналитического отдела ФГБНУ ФНЦО, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>; SPIN-код:4682-5853, автор для переписки, vovka_ks@rambler.ru

Леонид Викторович Кривенков – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, <https://orcid.org/0000-0001-8718-4508>; SPIN-код:3572-2246, krivenkov76@mail.ru

Елена Викторовна Баранова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>; SPIN-код:1306-9966, elena-shevcovabaranova@mail.ru

Татьяна Егоровна Шевченко – н.с. лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, <https://orcid.org/0000-0001-6586-6129>; SPIN-код:2386-8407, shevchenko_te@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Белоусов – аспирант лаборатории селекции и семеноводства луковых культур ФГБНУ ФНЦО, dmitriybelousovrus@gmail.com

About the Authors:

Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Analytical Department, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>; SPIN-код:4682-5853, Corresponding Author, vovka_ks@rambler.ru

Leonid V. Krivenkov – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8718-4508>; SPIN-код:3572-2246, krivenkov76@mail.ru

Elena V. Baranova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>; SPIN-код:1306-9966, elena-shevcovabaranova@mail.ru

Tatiana E. Shevchenko – Researcher at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, <https://orcid.org/0000-0001-6586-6129>; SPIN-код:2386-8407, shevchenko_te@mail.ru

Dmitry S. Belousov – postgraduate student of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops of FSBSI FSVC, dmitriybelousovrus@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>
УДК: 635.64:631.527.56

А.И. Беленков*,
О.А. Васильева

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»
Россия, Московская обл., г. Лобня

*Автор для переписки: belenokaleksis@mail.ru

Вклад авторов: А.И. Беленков: концептуализация, написание-рецензирование и редактирование рукописи. О.А. Васильева: концептуализация, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Беленков А.И., Васильева О.А. Оценка принципов биологизации и экологизации возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия. *Овощи России*. 2025;(2):96-102. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>

Поступила в редакцию: 19.09.2024

Принята к печати: 15.10.2024

Опубликована: 15.04.2025

Alexey I. Belenkov*,
Olga A. Vasilyeva

"Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams"
Lobnya, Moscow region, Russia

*Corresponding Author: belenokaleksis@mail.ru

Authors' Contribution: A.I. Belenkov: conceptualization, writing-reviewing, and editing the manuscript. O.A. Vasilyeva: conceptualization, writing-reviewing, and editing the manuscript.

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

For citation: Belenkov A.I., Vasilyeva O.A. Assessment of the principles of biologization and ecologization of potato cultivation in the field experience of the Center for Precision Agriculture. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):96-102. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>

Received: 19.09.2024

Accepted for publication: 15.10.2024

Published: 15.04.2025

Оценка принципов биологизации и экологизации возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Статья содержит информацию о необходимости и целесообразности учета элементов биологизации и экологизации отдельных элементов технологии возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ). Поскольку опыт проводился в условиях крупного мегаполиса, важной составляющей технологического процесса является использование в качестве органического удобрения горчицы на сидерат, заделываемого под картофель.

Материал и методика. Исследования проводили в рамках зернопропашного севооборота полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. В работе приведены данные по культуре картофеля. Картофель возделывался с применением двух технологий (традиционной и точной), двух обработок почвы (отвальной и минимальной) и двух вариантов удобрений под предшествующую озимую пшеницу (без подкормок и с двумя подкормками за вегетацию). Урожайность картофеля определяли методом прямого комбайнирования, горчицы на сидерат взвешиванием надземной массы с учетной площади, отклонения растений на гребне и потери площади расчетным методом.

Результаты. Наилучший результат по урожайности картофеля получен в случае его возделывания по точной технологии с использованием отвального оборотного плуга, более качественно заделывающего сидеральную горчицу, с применением двух подкормок в период вегетации предшествующей озимой пшеницы. Способ движения сельхозтехники по автопилоту показал себя достаточно хорошо как в условиях минимальной, так и в условиях отвальной обработки почвы; способ же движения по маркеру показал худший результат в тех же условиях, приводил к потере площади на поле 100 га почти в 1 га. Помимо снижения эффективности использования полезной площади полей, отклонение при проходе агрегатов с использованием маркера приводило к смещению рядков относительно гребней, что также существенно уменьшало урожайность и товарность картофеля.

Заключение. Наиболее высокая урожайность картофеля получена на фоне точной технологии при использовании отвальной обработки почвы по варианту применения двукратной подкормки предшествующей озимой пшеницы. На этих же вариантах отмечалась превышение надземной массы сидеральной горчицы. Использование автопилота показало высокую точность расположения растений в ряду и снижение потерь полезной площади на вариантах с минимальной и отвальной обработками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

полевой опыт, картофель, технология, обработка почвы, удобрения, сидерат, урожайность, автопилот, полезная площадь, результативность

Check for updates



Assessment of the principles of biologization and ecologization of potato cultivation in the field experience of the Center for Precision Agriculture

ABSTRACT

Relevance. The article substantiates the need and expediency of taking into account elements of biologization and ecologization of individual elements of potato cultivation technology in the field experience of the Center for Precision Agriculture. Since the experiment was conducted in a large metropolis, an important component of the technological process is the use of mustard as an organic fertilizer for green manure, embedded under potatoes.

Methodology. The research was conducted within the framework of grain-row crop rotation of the field experiment of the Center for Precision Agriculture of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The work presents data on the potato crop. Potatoes were grown using two technologies (traditional and precision), two soil treatments (moldboard and minimum) and two variants of fertilizers for the preceding winter wheat (without additional fertilizing and with two additional fertilizing during the growing season). The potato yield was determined by the direct combining method, mustard for green manure by weighing the above-ground mass from the accounting area, plant deviation on the ridge and area loss by the calculation method.

Results. The best result in terms of potato yield was obtained in the case of its cultivation using precision technology with the use of a moldboard reversible plough, better quality of green manure mustard, with the use of two additional fertilizing during the vegetation period of the preceding winter wheat. The method of moving agricultural machinery on autopilot showed itself quite well both in conditions of minimum and moldboard tillage; the method of moving on a marker showed the worst result in the same conditions, leading to a loss of area on a 100-hectare field of almost 1 ha. In addition to reducing the efficiency of using the useful area of the fields, deviations during the passage of units using a marker led to a shift in rows relative to the ridges, which also significantly reduced the yield and marketability of potatoes.

Conclusion. The highest potato yield was obtained with precision technology using moldboard tillage in the variant of double fertilization of preceding winter wheat. The same variants showed an excess of the aboveground mass of green manure mustard. The use of the autopilot showed high accuracy of plant placement in a row and reduced losses of useful area in variants with minimum and moldboard tillage.

KEYWORDS:

field experience, potatoes, technology, tillage, fertilizers, green manure, yield, autopilot, usable area, effectiveness

Введение

Применение высокоинтенсивных технологий с элементами точного земледелия при возделывании сельскохозяйственных культур позволяет создавать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений и рационально использовать дорогостоящие минеральные удобрения [1, 2].

Главным фактором окупаемости затрат, является высокоэффективное проектирование и реализация точных систем удобрения. Полевые опыты показали, что отдача от последних, как и от зональных, зависит от всей совокупности условий, сопутствующих применению удобрений [3, 4] (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность системы удобрения в условиях неоднородности почвы
Table 1. Efficiency of the fertilization system under conditions of soil heterogeneity

Система удобрения	Продуктивность севооборота (т/га в год) при коэффициентах вариации свойств почв (%)			Окупаемость применения удобрений (руб/руб) при разных коэффициентах вариации свойств почв (%)		
	7-25	25-50	>50	7-25	25-50	>50
Зональная	9,2	6,8	4,2	7,1	4,9	2,7
Точная	10,9	9,0	8,0	7,9	6,8	5,6
НСР₀₅	0,51			-		

Даже на фоне сравнительно благоприятной почвенно-агрохимической обстановки среднегодовая продуктивность культур и выгодность точной системы удобрения соответственно на 11 и 8% превосходили зональную. Причина этого состоит, главным образом, за счёт их частичного перераспределения между ранее переудобренными и недоудобренными частями поля [5].

В условиях высокой пестроты плодородия почв снижалась отдача даже от точных систем удобрения, хотя и вдвое медленнее. Главная причина этого состояла в некотором уменьшении агроэкономической эффективности минеральных удобрений на слабокультурных почвенных разностях, где без применения повышенных доз органики развитие растений лимитировалось агрофизическими условиями почвы [6].

Разной оказалась и окупаемость удобрений в отдельных приёмах внесения, проводимых с использованием различных методических подходов. Наивысшей и устойчивой по совокупности сопутствующих условий агроэкономической отдачей отличался подкормочный приём внесения азотных удобрений с использованием данных непрерывного инфракрасного сканирования посевов непосредственно под агрегатом внесения туков. При этом каждый килограмм действующего вещества последних обеспечил производство 12 – 19 кг/га дополнительной продукции. Это позволяет рекомендовать использование данного технологического варианта, как весьма эффективного инструмента управления производственным процессом в условиях пространственной неоднородности посевов в самом широком круге почвенно-агрохимических условий [7].

Методика и условия проведения исследований

Цель исследований - выявить эффективность различных технологий возделывания, обработки почвы, последствия применения удобрений по влиянию на продуктивность различных сортов картофеля.

Исследования проводили в рамках зернопропашного севооборота полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, который перестал функционировать в 2022 году. В работе приведены данные по культуре картофеля за три ротации четырехпольного севооборота: викоовсяная смесь – озимая пшеница – картофель – ячмень, т.е. периода с 2009 по 2020 годы. Предшественником для картофеля являлась озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат. В свою очередь озимая пшеница выращивалась по отвальной и нулевой (прямой посев) обработкам почвы. Два варианта проведения подкормки озимой пшеницы представляли собой: без внесения аммиачной селитры и с

двукратной подкормкой 70 кг/га в фазу весеннего кущения и колошения. Картофель возделывался с применением двух технологий (традиционной и точной), двух обработок почвы (отвальной и минимальной) и двух вариантов удобрений под предшествующую культуру (без подкормок и с двумя подкормками за вегетацию) [8]. Уборку урожая картофеля проводили поделочно методом прямого комбайнирования. Надземную биомассу горчицы на сидерат определяли взвешиванием с учетной площадки 0,25 м² в 8-кратной повторности. Определение отклонений растений картофеля от центра гребня и потери полезной площади поделочно проводили расчетным методом [9].

Обработку почвы под картофель проводили отвальным оборотным плугом на глубину 20-22 см, минимальную с использованием импортного комбинированного агрегата на 12-14 см. После уборки озимой пшеницы выращивали горчицу белую на сидерат, заделываемую в почву оборотным плугом и упомянутым ранее агрегатом. Перед посадкой картофеля под предпосадочную обработку вертикальной фрезерной бороной вносили комплексные минеральные удобрения диаммофоску (16:16:16) в дозе 1 т/га. В разные годы высаживали различные сорта картофеля, в силу вырождения и сильного снижения урожайности – Удача, Жуковский ранний, Невский, Снегирь, Рябинушка, Аврора, Голубизна [10]. Норма посадки в пределах 60 тыс. раст./га [11].

Результаты исследований

Первая ротация севооборота, длившаяся с 2009 по 2012 гг., выявила преимущество точной технологии возделывания картофеля, которое, в среднем за 4 года, составило в сравнении с традиционной порядка 1 т/га (таблица 2). Сравнение вариантов по обработке свидетельствовало в пользу отвальной, по которой в среднем на традиционной технологии урожайность превышала над минимальной на делянках с отсутствием подкормки предшественника 2,2 т/га, с двумя его подкормками – 1,9 т/га, на точной технологии эти различия соответственно составляли 2,5 и 2,0 т/га.

Таблица 2. Урожайность картофеля по вариантам опыта Центра точного земледелия за 1-ю ротацию, т/га
Table 2. Potato yield by variants of the experiment of the Precision Farming Center for the 1st rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2009 год		2010 год		2011 год		2012 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	37,2	40,6	20,6	22,7	23,5	24,8	18,4	19,1	25,0	26,8
	минимальная	35,5	37,2	16,9	21,4	22,6	23,5	16,2	17,5	22,8	24,9
точная	отвальная	38,6	41,7	22,9	25,4	23,8	25,1	19,0	19,9	26,1	28,0
	минимальная	36,0	38,8	18,5	22,8	23,0	24,0	17,0	18,3	23,6	26,0
НСР(А) – технология		3,51		2,02		0,05		0,79		-	
НСР (В) – обработка		1,74		2,42		0,08		0,56		-	
НСР (С) – удобрение		2,16		2,21		0,10		0,09		-	

Последствие подкормок предшествующей озимой пшеницы обеспечивала урожайность картофеля в пользу двойного их проведения 1,5-2,0 т/га.

Важно оценить роль заделки горчицы на сидерат под картофель, проведенный осенью предыдущих лет [12, 13]. Указанная здесь масса предназначалась под урожай картофеля последующих лет, т.е. в 2009 году заделывалась под урожай последующего 2010 года, в 2010 году – под 2011 год, в 2011 году – под 2012 год (табл. 3).

Наибольшую надземную массу горчица сформировала в 2009 году. Она была заделана под урожай картофеля 2010 года. Но, в связи с неблагоприятными агрометеорологическими условиями этого года, был получен урожай картофеля в пределах 20-25 т/га. Такая же картина сложилась с биомассой горчицы в 2011 году. урожайность картофеля в 2012 году не превышала 20,0 т/га. В среднем за 4 года максимальное накопление надземной массы сидерата отмечалось по точной технологии на удобренном фоне по вспашке. Превышение относительно тра-

Таблица 3. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 1-ю ротацию, т/га
Table 3. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 1st rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2009 год		2010 год		2011 год		2012 год		среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	7,0	17,4	2,95	3,01	13,5	14,1	4,9	5,6	7,1	10,0
	нулевая	5,6	12,5	2,83	3,01	13,2	13,9	4,1	5,1	6,5	8,4
точная	отвальная	7,2	18,0	2,94	3,08	14,0	14,9	5,2	6,0	7,4	10,5
	нулевая	6,9	14,6	2,88	3,06	13,7	14,1	4,4	5,5	7,0	9,3
НСР(А) – технология		1,94		0,16		0,50		0,05		-	
НСР (В) – обработка		2,02		0,21		0,33		0,06		-	
НСР (С) – удобрение		5,68		0,15		0,12		0,08		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

Таблица 4. Урожайность картофеля по вариантам опыта ЦТЗ за 2-ю ротацию, т/га
Table 4. Potato yield by variants of the Precision Farming Center experiment for the 2nd rotation, t/ha

Техно-логия	Обработка почвы	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	26,3	27,6	25,7	28,0	30,5	32,4	28,1	30,0	27,7	29,5
	минимальная	25,0	26,2	24,5	27,3	27,7	28,6	25,5	26,9	25,7	27,3
точная	отвальная	25,7	28,6	25,4	28,3	31,3	33,2	30,3	32,0	28,2	30,5
	минимальная	23,6	25,9	25,0	27,8	28,8	29,6	26,0	27,6	25,9	27,7
НСР (А) – технология		1,13		1,95		1,01		1,35		-	
НСР (В) – обработка		1,20		2,87		2,23		2,19		-	
НСР (С) – удобрение		1,90		3,02		1,19		1,41		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

Таблица 5. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 2-ю ротацию, т/га
Table 5. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 2nd rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	Неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	9,6	11,8	16,4	21,8	10,5	12,7	8,3	9,2	11,2	13,9
	нулевая	9,8	12,6	12,8	18,3	9,9	11,1	5,7	7,2	9,6	12,3
точная	отвальная	7,2	10,6	14,5	19,4	11,2	13,0	10,6	11,8	12,7	13,7
	нулевая	9,8	14,2	10,2	17,5	10,0	11,8	7,2	8,8	9,3	13,2
НСП (А) – технология		1,07		1,77		0,82		2,47		-	
НСП (В) – обработка		0,65		2,09		1,38		2,32		-	
НСП (С) – удобрение		2,34		1,66		1,42		1,22		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

диционной технологии 0,5 т/га, сравнительно с нулевой обработкой – 1,2 т/га, последствие подкормок предшественника увеличивало массу горчицы в сравнении с неудобренным фоном на 3,1 т/га. Таким образом, проявилось незначительное преимущество биологизированных вариантов с использованием органической массы сидеральной культуры [14].

Во вторую ротацию опытного севооборота отмечались те же тенденции и закономерности, что и в первой (табл. 4).

Так, в среднем за 4 года с 2013 по 2016 годы максимальная урожайность картофеля получена по точной технологии, отвальной обработке, с применением двух подкормок предшествующей озимой пшеницы – 30,5 т/га. В случае отсутствия подкормок с теми же вариантами технологии и обработки почвы урожай снижался на 2,3 т/га. Продуктивность культуры на традиционной технологии с одинаковой обработкой и последующими подкормками уменьшилась на 1,0 т/га. Минимальная обработка под картофель на фоне удобрений приводила к снижению урожайности в сравнении с лидирующим вариантом на 2,8-3,2 т/га. Неудобренные участки озимой пшеницы в последствии на урожайность картофеля оказались меньше на 4,6-4,8 т/га [15, 16].

В таблице 5 представлена величина надземной массы горчицы, запахиваемая под картофель урожая будущего года по отдельным вариантам опыта.

Максимальная надземная масса пожнивной сидеральной горчицы получена осенью 2014 года. Соответственно, как следует из таблицы 3, в 2015 году была сформирована самая большая урожайность картофеля в пределах 30,0 и более т/га. Такая же ситуация сложилась в 2015 году, обеспечив достаточную высокую урожайность культуры в следующем году. В среднем за 4 года отвальная обработка на традиционной и точной технологиях позволила получить около 14 т/га пожнивной массы сидеральной горчицы. Остальные варианты, особенно после неудобренного подкормками предшественника снижали урожай горчицы, что сказалось на продуктивности картофеля последующих за ними лет. Общая средняя надземная масса сидерата колебалась в пределах 9,0-14,0 т/га.

После 2016 года ситуация в полевом опыте ЦТЗ изменилась не в лучшую сторону. Прежде всего, по комплексу показателей исчезли два фактора – это технология возделывания и проведение подкормок озимой пшеницы во время вегетации. В остальном же – две обработки почвы, высокая доза комплексных минеральных удобрений и использование пожнивного сидерата под урожай картофеля будущего года сохранились. Поэтому далее проводили сравнение только по фактору В (рис. 1).

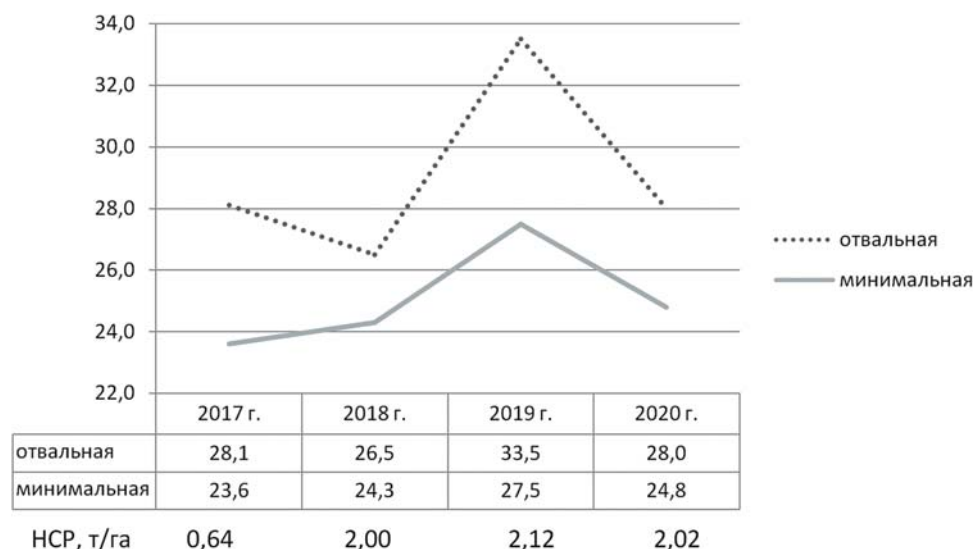


Рисунок 1. Урожайность картофеля по вариантам опыта ЦТЗ за 3-ю ротацию, т/га
Figure 1. Potato yield by variants of the Precision Farming Center experiment for the 3rd rotation, t/ha

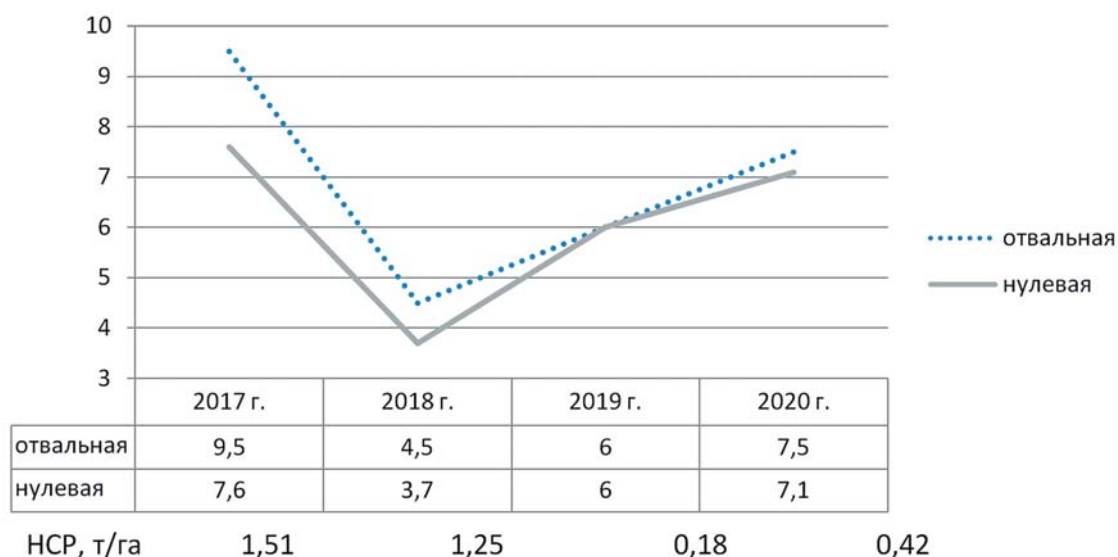


Рисунок 2. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 3-ю ротацию, т/га
 Figure 2. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 3rd rotation, t/ha

Урожайность клубней картофеля в течение последних лет 3-ей ротации севооборота подтвердила преимущество отвальной обработки, что подтверждено расчетами статистической достоверности результатов. В среднем за период картофель сформировал урожай по вспашке выше, чем по минимальной обработке на 4,0 т/га.

Продуктивность горчицы на сидерат по различным приемам обработки почвы, за исключением 2017 года, различались незначительно (рис. 2). В среднем за 3-ю ротацию севооборота разница между вариантами составила 0,8 т/га в пользу отвальной. Следует отме-

Таблица 6. Группы отклонений
 Table 6. Deviation groups

Группа отклонения	1	2	3	4	5
Отклонение (см)	0-2	3-5	6-8	9-11	12-14

нением автопилота и маркера. Точность проведения гребнеобразования оценивалась по отклонению рядков всходов картофеля от центра гребня. В современных технологиях гребнеобразование проводится до появления всходов, при этом от точности наложения проходов при посадке и гребнеобразовании зависит качество продукции.

Таблица 7. Распределение отклонений по группам (%)
 Table 7. Distribution of deviations by groups (%)

Группы отклонений/ способ движения и система обработки	Автопилот /минимальная	Автопилот /классическая	Маркер /минимальная	Маркер /классическая
1	34	51	13	18
2	47	33	33	18
3	18	5	27	23
4*	0	8	17	24
5*	0	1	9	16

* - данные отклонения ряда от центра гребня существенно снижают урожайность.

тить нисходящее убывание урожайности сидеральной культуры, в силу определенных объективных и субъективных проблем, возникших при ведении опыта ЦТЗ, что послужило причиной его свертывания в 2022 году.

Наиболее существенным элементом технологии точного земледелия при возделывании картофеля является обеспечение параллельного прохода техники и агрегатов с минимальными отклонениями. При высокой точности проходов достигается повышение урожайности и качества картофеля [17].

В полевых исследованиях проводилась оценка точности гребнеобразования при возделывании картофеля по минимальной и отвальной обработкам почвы с при-

Таблица 8. Средние значения отклонений растений картофеля от центра гребня, см
 (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение)
 Table 8. Average values of deviations of potato plants from the center of the ridge, cm (average value $\pm$ standard deviation)

Система обработки	Способ движения	
	по автопилоту	по маркеру
Минимальная обработка	3,6 $\pm$ 0,39	6,3 $\pm$ 0,74
Отвальная обработка	3,3 $\pm$ 0,62	7,1 $\pm$ 0,86

Таблица 9. Потери площадей при различных способах обработки и движения машинно-тракторных агрегатов
Table 9. Losses of areas with different methods of processing and movement of machine and tractor units

Способ движения и обработки почвы	Отклонение стыкового м/р от нормы (м)	Потеря площади на 1 га (га)	Потеря площади на 100 га (га)
По маркеру, отвальная	0,022	0,0073	0,73
По маркеру, минимальная	0,026	0,0086	0,86
По автопилоту, отвальная	0,001	0,0003	0,03
По автопилоту, минимальная	-0,001	-0,0003	-0,03

В опыте ЦТЗ сравнивались величины отклонений рядков растений от центра гребня при разных технологиях возделывания. В зависимости от расстояния центра рядка от центра гребня нами были выделены 5 групп отклонений (табл. 6). Затем было рассчитано распределение отклонений по группам при разных способах возделывания картофеля (табл. 7).

Средние значения отклонений растений картофеля от центра гребня были измерены для каждой технологии в 46 точках, затем высчитано среднее значение для каждой технологии (табл. 8).

Способ движения машинно-тракторных агрегатов по автопилоту является более выровненным по траектории в условиях как минимально обработанной почвы, так и отвальной обработанной. Во втором случае отклонения были минимальны. Отклонения по маркеру и автопилоту входят в разные группы: в третью и вторую соответственно. Возможное объяснение этому явлению заключается в том, что механизатору для изменения курса движения при отклонении от заданной траектории необходимо визуально обнаружить это самое отклонение, то есть оно должно быть достаточно большим для того, чтобы его можно было заметить визуально. Автопилот, используя точные данные о своем местоположении способен реагировать на незначительные отклонения, которые могут быть незаметны при визуальной оценке [18].

Отклонения от заданной траектории движения трактора приводят к неэффективному использованию посевной площади поля (таблица 9). Предварительные

результаты оценки влияния отклонений на потери площадей при стандартной ширине стыковых междурядий 0,75 м, рассчитанные теоретически на площадь в 1 га и на 100 га при применении отвальной и минимальной обработок. Увеличение стыковых междурядий приводит к увеличению свободных площадей между проходами, которые потенциально можно занять под картофель [19, 20].

Заключение

1. В наших исследованиях, в среднем за период, наиболее высокая урожайность картофеля получена на фоне точной технологии при использовании отвальной обработки почвы по варианту применения двукратной подкормки предшествующей озимой пшеницы. Здесь же отмечалась превышение надземной массы сидеральной горчицы, возделываемой после уборки озимой пшеницы.

2. Обработка почвы с использованием автопилота показала высокую точность как на варианте с минимальной обработкой, так и на варианте с отвальной. Обработка по маркеру показала одинаково худший результат на обоих вариантах обработки почвы, что в результате приводило к потере площади на поле 100 га почти в 1 га.

3. Помимо снижения эффективности использования полезной площади полей, отклонения при проходе агрегатов приводят к смещению рядков относительно гребней, что может существенно снижать урожайность и товарность картофеля.

Литература

1. Кирюшин В.И. Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия. Земледелие. 2004;(6):16-21. <https://elibrary.ru/pjnssb>
2. Личман Г.И. Основные направления фундаментальных и прикладных исследований по точному земледелию. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства : 3-я научно-практическая конференция, Москва, 16–18 июня 2004 года. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2005. С. 15-19. <https://elibrary.ru/ugcvrn>
3. Шпаар Д., Захаренко А.В., Якушев В.П. Точное сельское хозяйство (precision agriculture). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское социально-реабилитационное предприятие "Павел", 2009. 397 с. ISBN 978-5-93717-041-5. <https://www.elibrary.ru/pxxwzv>
4. Якушев В.В., Воробаев В.В., Лекомцев П.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной стан-

ции АФИ РАСХН. Ресурсосберегающее земледелие. 2009;(2):31-34. <https://www.elibrary.ru/vvptdf>

5. Овчинников А.С., Борисенко И.Б., Плещакёв Ю.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их с применением инновационных технологий. Волгоград: Изд-во Волгоградская ГСХА, 2011. 123 с. ISBN 978-5-85536-572-6. <https://www.elibrary.ru/qvglyv>

6. Моисеев Ю.В., Анисимов Б.В. Условия производства картофеля в России. Агроинформ Анализ. 2000;(1):50-56.

7. Пэлий А.Ф., Романенкова М.С. Применение систем точного земледелия при возделывании пропашных культур. Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. Том 1. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2017. С. 163-166. <https://www.elibrary.ru/yyupid>

8. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное

- земледелие. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 148 с. ISBN 978-5-9675-0867-7.
9. Постников А.Н., Постников Д.А. Картофель. М., МСХА им. К.А. Тимирязева, 2006. 160 с. ISBN 5-9675-0041-3. <https://www.elibrary.ru/qkymen>
10. Шпаар Д. Картофель. Мн.: ЧУП «Орех», 2014. 278 с.
11. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Мелешин А.А., и др. Сорта картофеля российской селекции. Москва, 2018. 120 с.
12. Усанова З.И., Осербаяев А.К., Зияев К.И., Павлов М.Н. Клубнеплоды. Биологические особенности и технологии возделывания картофеля и земляной груши. Тверь: Тверская ГСХА, 2018. 150 с. <https://www.elibrary.ru/edxlwe>
13. Усанова З.И., Козлов В.В. Возделывать картофель по горчице выгодно. *Картофель и овощи*. 2015;(2):30-33. <https://www.elibrary.ru/vbtmal>
14. Rahaman M. M., Shehab M. K. Water consumption, land use and production patterns of rice, wheat and potato in South Asia during 1988–2012. *Sustainable Water Resources Management*. 2019;5(4):1677–1694. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-019-00331-4>
15. Dean B.B. Managing the Potato Production System: 734. Routledge, 2018. 202 p.
16. Беленков А.И., Усанова З.И., Павлов М.Н., Черникова Н.С. Реализация генетического потенциала сортов картофеля в агроклиматических условиях Верхневолжья. *Владимирский земледелец*. 2020;(3):40-49. <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10131> <https://www.elibrary.ru/nuyygt>
17. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone, Southwestern Ethiopia. 2019;14(7):389-394. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13482>
18. Шадских В.А., Кизжаева В.Е. Продуктивность картофеля в зависимости от факторов возделывания на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья при орошении. *Научная жизнь*. 2023;18-4(130):530-536. <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2023-18-4>
19. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия. *Картофель и овощи*. 2019;(6):30-34. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.39.30.007> <https://www.elibrary.ru/jpplnv>
20. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borodina E., Diop E., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central Non-Cenozoic zone of Russia. *Research on crops*. 2020;(3):67-74. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.081> <https://www.elibrary.ru/hpllgc>
- **References**
1. Kiryushin V.I. Precision agricultural technologies as the highest form of intensification of adaptive-landscape agriculture. *Zemledelie*. 2004;(6):16-21. (in Russ.) <https://elibrary.ru/pjnssb>
2. Lichman G.I. Main directions of fundamental and applied research in precision agriculture. Moscow, 2005. P. 15-19. (in Russ.) <https://elibrary.ru/ugcvrn>
3. Shpaar D., Zakharchenko A.V., Yakushev V.P. Precision agriculture. St. Petersburg, 2009. 397 p. ISBN 978-5-93717-041-5. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/pxxwzv>
4. Yakushev V.V., Voropaev V.V., Lekomtsev P.V. Precision farming technology: implementation experience in the fields of the Menkovskaya experimental station of the AFI RAAS. *Resource-saving agriculture*. 2009;(2):31-34. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/vvptdf>
5. Ovchinnikov A.S., Borisenko I.B., Pleskachev Yu.N. Programming the yield of agricultural crops when cultivating them using innovative technologies. Volgograd: Publishing house of the Volgograd State Agricultural Academy, 2011. 123 p. ISBN 978-5-85536-572-6. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/qvgglyv>
6. Moiseev Yu.V., Anisimov B.V. Conditions of potato production in Russia. *Agroinform Analysis*. 2000;(1):50-56. (in Russ.)
7. Peliy A.F., Romanenkova M.S. Application of precision farming systems in the cultivation of row crops. *Agricultural science in the context of modernization and innovative development of the agro-industrial complex of Russia: Collection of materials of the All-Russian scientific and methodological conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of Academician D.K. Belyaev*. Volume 1. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovo State Agricultural Academy, 2017. P. 163-166. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/yyupid>
8. Balabanov V.I., Zhelezova S.V., Berezovsky E.V. et al. Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming: Textbook. Moscow: Publishing house of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2013. 148 p. ISBN 978-5-9675-0867-7. (in Russ.)
9. Postnikov A.N., Postnikov D.A. Potatoes. М., 2006. 160 p. ISBN 5-9675-0041-3. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/qkymen>
10. Shpaar D. Potatoes. Мн.: ЧУП "Орех", 2014. 278 p. (in Russ.)
11. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Meleshin A.A., et al. Potato varieties of Russian selection. Moscow, 2018. 120 p. (in Russ.)
12. Usanova Z.I., Oserbaev A.K., Ziyaev K.I., Pavlov M.N. Tuber crops. Biological features and technologies of cultivation of potatoes and Jerusalem artichokes. Tver: Tver State Agricultural Academy, 2018. 150 p. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/edxlwe>
13. Usanova Z.I., Kozlov V.V. Growing of potato after seny is profitable. *Potato and vegetables*. 2015;(2):30-33. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/vbtmal>
14. Rahaman M. M., Shehab M. K. Water consumption, land use and production patterns of rice, wheat and potato in South Asia during 1988–2012. *Sustainable Water Resources Management*. 2019;5(4):1677–1694. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-019-00331-4>
15. Dean B.B. Managing the Potato Production System: 734. Routledge, 2018. 202 p.
16. Belenkov A.I., Usanova Z.I., Pavlov M.N., Chernikova N.S. Realization of the genetic potential of potato varieties in agroclimatic conditions of Upper Volga. *Vladimirsky Zemledelets*. 2020;(3):40-49. (in Russ.) <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10131> <https://www.elibrary.ru/nuyygt>
17. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone, Southwestern Ethiopia. 2019;14(7):389-394. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13482>
18. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. Potato productivity depending on the factors of cultivation on dark chestnut soils of the Saratov Volga region under irrigation. *Scientific Life*. 2023;18-4(130):530-536. (in Russ.) <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2023-18-4>
19. Belenkov A.I., Berezovsky E.V., Zhelezova S.V. Improvement of potato cultivation technology in the precision farming system. *Potato and vegetables*. 2019;(6):30-34. (in Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.39.30.007> <https://www.elibrary.ru/jpplnv>
20. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borodina E., Diop E., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia. *Research on crops*. 2020;(3):67-74. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.081> <https://www.elibrary.ru/hpllgc>

Об авторах:

Алексей Иванович Беленков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, консультант селекционного центра по кормовым культурам, <https://orcid.org/0000-0003-0422-4936>, SPIN-код: 8397-1599, автор для переписки, belenokaleksis@mail.ru

Ольга Александровна Васильева – научный сотрудник, VasilevaOA@vniikormov.ru

About the Authors:

Alexey I. Belenkov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Consultant of the Breeding Center for Forage Crops, <https://orcid.org/0000-0003-0422-4936>, SPIN-code: 8397-1599, Corresponding Author, belenokaleksis@mail.ru

Olga A. Vasilyeva – Researcher, VasilevaOA@vniikormov.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-103-112>
УДК: 635.64:631.527.56

Wendu Kebede Gameda*

Ethiopian forestry development Jimma center
Addis Ababa, Ethiopia

*Correspondence Author: wondukebede1@gmail.com

Funding. For this publish there is no any kinds of financial support.

Conflicts of interest. Author declare no conflict interest on publishing paper.

Acknowledgements. First, I would like to thank Almighty God for allowing us to complete this research in peace patience and with great honor. Secondly, we would like to acknowledge Ethiopian forestry development Jimma center for adjusting suitable condition for internet service to conduct this article research.

Ethical considerations. I hereby declare that the Manuscript entitled "Assessment of Key Drivers of Deforestation and Understand the Local Community's Perception of Its Impacts In The Case Of Shabe Sombo District, Jimma Zone, South West Ethiopia" is our original work and has not been published any elsewhere and all sources of material used for this review have been correctly approved.

Author's Contribution: Kebede W.G.: conducting research, writing the manuscript and editing it.

For citation: Kebede W.G. Assessment of Key Drivers of Deforestation and Understand the Local Community's Perception of Its Impacts In The Case Of Shabe Sombo District, Jimma Zone, South West Ethiopia. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):103-112.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-103-112>

Received: 11.10.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

Published: 15.04.2025

Венду Кебеде Гемедэ*

Эфиопский центр развития
лесного хозяйства Джимма
Аддис-Абеба, Эфиопия

*Автор для переписки: wondukebede1@gmail.com

Финансирование. Для этой публикации нет никакой финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов в отношении публикации статьи.

Благодарности. Во-первых, я хотел бы поблагодарить Всевышнего Бога за то, что он позволил нам завершить это исследование в мире, терпении и с большой честью. Во-вторых, мы хотели бы выразить признательность Эфиопскому центру развития лесного хозяйства Джимма за создание подходящих условий для интернет-обслуживания для проведения этого исследования статьи.

Этические соображения. Настоящим заявляю, что рукопись является нашей оригинальной работой и не была опубликована где-либо еще, и все источники материалов, использованные для этого обзора, были надлежащим образом одобрены.

Вклад автора: Венду Кебеде Гемедэ: проведение исследований, создание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Kebede W.G. Assessment of Key Drivers of Deforestation and Understand the Local Community's Perception of Its Impacts In The Case Of Shabe Sombo District, Jimma Zone, South West Ethiopia. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):103-112.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-103-112>

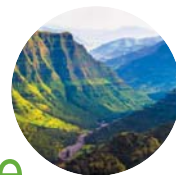
Поступила в редакцию: 11.10.2024

Принята к печати: 27.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Assessment of Key Drivers of Deforestation and Understand the Local Community's Perception of Its Impacts In The Case of Shabe Sombo District, Jimma Zone, South West Ethiopia

Check for updates



ABSTRACT

Relevance. Deforestation is a major environmental challenge that has persisted over time and worsened in recent years. It is a primary concern for developing countries, including Ethiopia, due to its negative effects, such as biodiversity loss and increased greenhouse gas emissions. This study investigates the key drivers of deforestation and community perceptions of its impact in the Shabe Sombo district, Jimma zone, southwest Ethiopia.

Data Collection. Primary data were gathered through questionnaires from 187 household heads selected simple random sampling. Additionally, interviews and focus group discussions (FGDs) were conducted with purposively selected individuals.

Study Areas. Four kebeles; Atiro Gefare, Mirgano Baso, Yanga Dogoma, and Sombo Daru were purposively selected from the Shabe Sombo district.

Data Analysis. Both qualitative and quantitative methods were employed. Quantitative analysis was performed using SPSS to evaluate questionnaire responses, while qualitative content analysis was used to interpret interview and FGD data. The findings were expressed through descriptive statistics such as percentages, frequencies, tables, and charts.

Results. The study identified several direct causes of deforestation, including agricultural expansion, fuelwood collection, settlement expansion, grazing land expansion, and logging. Indirect causes included economic factors, policy and institutional factors, social factors, and population growth. As a result of data analysis we suggest that It is necessary to inform the population about the consequences of deforestation. In addition, this will solve many problems: the loss of variety of plants, subsequently restore forestry, control illegal cutting and use alternative energy sources in nearby settlements.

KEYWORD:

Deforestation, Direct and indirect cause, key drivers and community perception

Оценка ключевых факторов вырубки лесов и понимания местным сообществом ее последствий на примере района Шабе Сомбо, зона Джимма, юго-запад Эфиопии

РЕЗЮМЕ

Вырубка лесов является серьезной экологической проблемой, которая сохраняется с течением времени и усугубилась в последние годы. Это основная проблема для развивающихся стран, включая Эфиопию, из-за ее негативных последствий, таких как потеря биоразнообразия и увеличение выбросов парниковых газов. В этом исследовании изучаются основные движущие силы вырубки лесов и восприятие обществом ее воздействия в районе Шабе-Сомбо, зона Джимма, юго-запад Эфиопии.

Сбор данных. Первичные данные были собраны с помощью анкетирования 187 глав домохозяйств, выбранных простой случайной выборкой. Кроме того, интервью и обсуждения в фокус-группах (FGD) проводили с намеренно отобранными лицами.

Области исследования. Четыре кебеле: Атиро Гефаре, Миргано Басо, Янга Догума и Сомбо Дару были намеренно отобраны из района Шабе-Сомбо.

Анализ данных. Использовали как качественные, так и количественные методы. Количественный анализ проводился с использованием SPSS для оценки ответов на анкеты, в то время как качественный контент-анализ использовался для интерпретации данных интервью и FGD.

Результаты. Исследование выявило несколько прямых причин вырубки лесов, включая сельскохозяйственную экспансию, сбор топливной древесины, расширение поселений, расширение пастбищ. Косвенные причины включали экономические факторы, политические и институциональные факторы, социальные факторы и рост населения. В результате анализа данных мы предполагаем, что необходимо информировать население о последствиях вырубки лесов. Это позволит решить множество проблем: утрату разнообразия растений, впоследствии восстановить лесное хозяйство, контролировать незаконные вырубки и использовать альтернативные источники энергии в близлежащих населенных пунктах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

вырубка лесов, прямая и косвенная причина, основные движущие силы и восприятие общества

INTRODUCTION

Forests and agriculture are essential parts of farming systems where farmers rely on them for their livelihoods [1]. The role of forests in providing livelihoods and alleviating poverty has gained increased attention over the past few decades. For rural communities, forest resources are a primary means of livelihood, supporting livestock farming, providing agricultural inputs, and supplying timber and non-timber forest products [2]. Forests are often seen as a free resource, available for conversion to other uses without considering the impact on their environmental services.

Deforestation is defined by the [3] as the direct, human-induced conversion of forested land to non-forested land. Forest degradation, on the other hand, occurs when the ecosystem functions of the forest are impaired, but the area remains forested [4]. Deforestation is a widespread environmental issue that significantly affects the resilience and distribution of forests. It typically results from clearing forests for agriculture and other land uses [5]. In various African countries, forests provide essential goods such as timber and non-timber products (e.g., bamboo, chew sticks, game) that support the rural economy [6].

Deforestation is particularly concerning for developing countries, including Ethiopia, due to its adverse effects like biodiversity loss and increased greenhouse gas emissions [7]. Deforestation occurs for several reasons: trees and charcoal can be sold as commodities, and cleared land can be used for pasture, farming, plantations, and human settlements [8]. Forest degradation impacts livelihoods and income generation activities by reducing and eliminating direct economic services [9].

Ethiopia, rich in natural resources, is currently facing intense pressure and challenges due to population growth, weak economic development, destructive usage practices, recurrent drought, and resource mismanagement. Deforestation and forest degradation are significant hurdles to Ethiopia's sustainable socio-economic development, manifesting in land degradation, water resource depletion, climate change, prolonged dry seasons, biodiversity loss, and decreased agricultural productivity [10].

Ethiopia's forest resources are diverse, ranging from lowland scrubs to tropical rainforests [11]. Beyond environmental benefits, these forests contribute economically and socio-culturally by creating jobs, generating income, diversifying livelihoods, combating poverty and food insecurity, and providing energy [12]. Forests are also vital for timber production and tourism development [13] and for producing traditional medicines for humans and livestock, especially in rural areas. However, in recent decades, rapid population growth, increased crop cultivation in marginal areas, intensified livestock grazing, soil erosion, and poor agricultural practices have led to severe forest degradation [14; 15; 13].

The extensive deforestation and other factors have caused significant soil degradation and nutrient depletion, sharply reducing agricultural productivity in Ethiopia. Soil erosion due to deforestation is a critical environmental issue, with Ethiopia losing fertile topsoil at an estimated rate of one billion cubic meters per year [14], severely affecting agricultural productivity. Other negative consequences of deforestation in Ethiopia include biodiversity loss, climate change, devastating floods, high runoff, and wood shortages [12;16]. Various economic, demographic, and socio-political factors contribute to forest resource degradation in Ethiopia. This study aims to explore the socioeconomic and environmental impacts of deforestation and community perceptions of these impacts in the study areas.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area

Location of the study area

The study was conducted in the Shabe Sombo district, Jimma Zone, southwest Ethiopia. Geographically, it is located between 7°17'-7°44' North latitude and 36°17'-36°52' East longitude in the Jimma Zone. The district is situated along the Jimma-Bonga main road, 50 km from Jimma town. It shares borders with Seka Chokorsa to the north and northeast, the Kefa Zone in the south and southeast, and Gera District to the west and southwest. It is positioned in the southern part of the Jimma Zone [17].

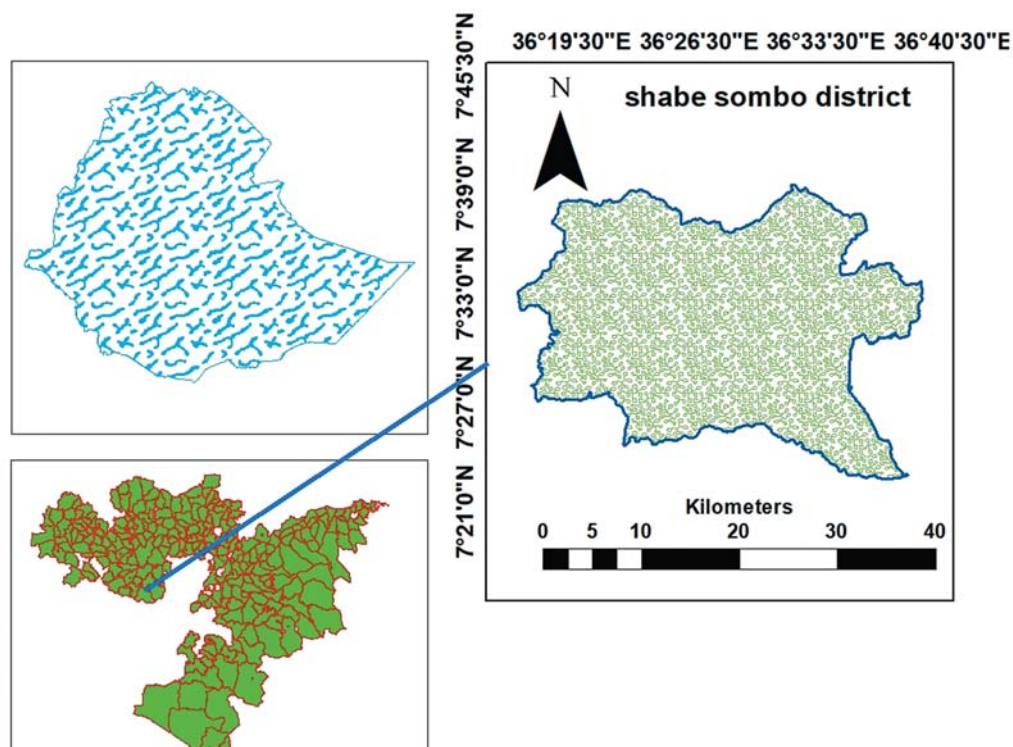


Figure 1. Map of the study area
Soil

The soil pattern in Shabe Sombo clearly illustrates the relationship between climate, geological structure, and vegetation cover. The main soil types in the area include some of the best agricultural soils: red-brown soils (35%), black soils (45%), and grey arid brown soils with a heavy texture (20%). These soils generally have good agricultural potential, with the exception of sandy soil. Additionally, loam and sandy soils are present in the District and can be used as raw materials for construction [17].

Climate and drainage

The total area of the District falls within the Gojeb River catchment of the Gibe River Basin. Major perennial rivers such as the Gojeb, Anja, Gurati, and the smaller Anja Rivers flow into the Gibe River. These rivers are primarily used for traditional irrigation and washing red coffee. The Districts does not have any lakes.

Regarding climate, most of the District is characterized by subtropical (Badda Daree) and cool (Baddaa) agro-climates, which make up 40% and 60% of the District area, respectively. The western part of the District experiences a cool agro-climate with a mean annual temperature ranging between 17-20°C. In contrast, the western part has a subtropical climate with a mean annual temperature ranging from 20-23°C.

The rainfall pattern in the District is weakly bi-modal, with a small rainy season in spring during April and May, and a more significant rainy season in summer from June to August. Annual rainfall in the District varies between 1,400 mm and 1,900 mm [17].

Vegetation covers

The district is well-endowed with natural forest coverage, encompassing approximately 35,000 hectares, while man-made forests cover about 10,000 hectares. Of the total natural forest area, around 25,597.94 hectares are managed under a Participatory Forest Management (PFM) approach (Takahashi and Todo, 2011). This management strategy is active in 14 kebeles within the District where 44 forest management associations operate under the Belete-Gera Regional Forest Priority Area. These associations are responsible for managing the 25,597.94 hectares of forest in the District [17].

The forest is characterized by a rich biodiversity, with dominant tree species including *Syzygium guineense*, *Olea welwitschii*, *Prunus africana*, and *Pouteria adolfi-friederici*. This forest is noted for its significant biodiversity, making it crucial for both conservation efforts and socioeconomic benefits [18].

Population

According to CSA [19], the total projected population of the District is 141,037, consisting of 71,150 males and 69,887 females. Of this population, 132,935 individuals reside in rural areas, while 8,102 live in urban centers. In terms of age distribution, there are 70,776 adults aged between 15 and 64 years, 43,565 children aged 0 to 14 years, and 24,988 elderly individuals aged 65 and above. The District has a notably high proportion of adults, with the majority of the population falling within the 15-64 age range.

Methods

Types and sources of data

Both primary and secondary data sources were utilized for the study. Primary data were collected through key informant interviews, household questionnaires, focus group discussions (FGDs), and direct observation. Secondary data were obtained

from various literatures accessed via the internet, as well as from district and small Administration unit offices. The primary data focused on identifying the key drivers of deforestation and understanding community perceptions regarding deforestation.

Sampling Techniques and Sample Size

A cross-sectional survey design incorporating both qualitative and quantitative methods was employed for this study. Shabe Sombo district was purposefully selected as the study area due to its prevalent issues of agricultural expansion, illegal logging, and resettlement. Four small Administration unit; Atiro Gefare, Mirgano Baso, Yanga Dogoma, and Sombo Daru were randomly selected from the district, in consultation with local natural resource management experts. A proportional sample of 187 households was then determined using Israel's [20] formula, with households selected proportionally from each small Administration units.

$$n = N \frac{N}{1+N(e^2)} \text{ equ(1)}$$

Where: - n = the sample size N = the population size e = is the level of precision ($\pm 7\%$).

$$n = \frac{2176}{1+2176(0.07)^2} = 187$$

Table 1. Sampling size per kebeles			
No	small Administration unit	Household No_ size proportion	Sample
1	Atiro Gefare	540	46
2	Mirgano Daso	567	49
3	Yanga Dogoma	499	43
4	Sombo Daru	570	49

Table 1. Sampling size per kebeles

No	small Administration unit	Household No_	Sample size proportion
1	Atiro Gefare	540	46
2	Mirgano Daso	567	49
3	Yanga Dogoma	499	43
4	Sombo Daru	570	49

Method of Data Collection

To gather both quantitative and qualitative data, a combination of questionnaires, focus group discussions, and non-participant observation was employed. Structured questionnaires were developed and pretested to align with the study objectives, while focus group discussions, structured interviews, and non-participant observation were used for qualitative data collection. Before data collection commenced, enumerators received comprehensive training on study objectives, questionnaire completion, respondent interaction, and data collection methods. Suitable times and locations for key informant interviews and focus group discussions were arranged in collaboration with kebeles administrators.

Household Survey questionnaire

Household survey questionnaire provides structured numerical data. Socioeconomic information were collected from all the total sample size **187** households. During preparing and collecting the questionnaire, much emphasis was given to the household demographic characteristics, household socio-economic characteristics, issues related to deforestation, effects of defor-

estation on socioeconomic and environmental effects, and possible recommendation. In order to get a reliable data from respondents both close ended quantitative data and open ended qualitative data questionnaires are prepared and administered to the target households.

Field Observation

Observation served as a critical tool for gathering firsthand information throughout the study. Non-participant observations were conducted to examine cultivated and uncultivated lands, topography, vegetation cover, settlement patterns, and the overall extent of deforestation. By immersing themselves in the study area, researchers collected detailed field notes and photographs, providing a comprehensive understanding of the landscape. This observational approach facilitated a holistic analysis of the study findings.

Key Informant interview

Key informants for interviews were selected purposively from each small Administration unit. These informants included knowledgeable and elderly individuals who have lived in the area for over 25 years, as well as experts. The names of all households (HHs) in the kebeles were obtained from the small Administration unit office and verified with the key informants. A total of eight key informants were chosen from the four kebeles, with two informants from each small Administration unit. The selection of these key informants, who are experienced and well-informed about the area, was conducted using the snowball sampling method [21].

Focus group discussion

Discussions were held in each selected small Administration unit with groups of individuals of different genders to understand deforestation, its causes, impacts, and farmers' perceptions of its effects. Emphasis was placed on selecting farmers with extensive experience and knowledge about the diversity and utilization of woody plants. The discussions focused on the causes and impacts of deforestation in the study areas. Data were collected from stakeholders through focus group discussions, which addressed deforestation issues and potential recommendations for sustainable practices. Each focus group consisted of 8 to 10 participants and lasted approximately two to three hours. The

results of these discussions were analyzed in relation to the study's objectives.

Method of data analysis

The data collection and screening steps were followed in data analysis. Majority of the data collected through survey questionnaires were analyzed quantitatively through application of descriptive statistics by using SPSS (version, 24) software and Microsoft Excel 2010. The data collected by interview and FGDs were analyzed qualitatively with key event approach or thematic description. Family size, educational level, land holding size and income, Population growth, Agricultural land expansion, Fuel wood, Charcoal production, Urbanization and infrastructure development and logging are the socioeconomic variable. Therefore, table, chart and graph have been applied for data presentation.

RESULTS AND DISCUSSION

Socioeconomic Profile of Sampled Respondents

The results of the survey indicated a significant gender disparity among the sampled household heads, with 87.5% being male-headed and 12.5% female-headed. Additionally, 96.88% of respondents were married, while only 3.13% were unmarried. Regarding educational attainment, the participants displayed a range of educational levels: approximately 27.08% were illiterate, 60.42% had basic reading and writing skills, and about 12.5% had received formal education. A notable proportion of respondents were between 41 and 50 years old, and the majority had a farm size of around 38.54% (see Table 2). The survey also revealed a concerning trend of neglect toward agriculture, particularly among both older and younger individuals, which poses a challenge to food security. Many rely on subsistence farming and use outdated, environmentally harmful techniques, exacerbating issues like deforestation and soil degradation. The fact that 60.42% of respondents possess only basic literacy skills highlights a potential barrier to adopting modern agricultural practices. Practices such as conservation tillage, contour plowing to prevent erosion, and intensive farming methods to combat deforestation may not be easily accessible or understandable to the surveyed population. Therefore, there is an urgent need for targeted educational initiatives to promote sustainable farming practices and address environmental concerns within the community.

Table 2. Socioeconomic Profile of Sampled Respondents

Variables	Categories	Number of respondents	Percent (%)
Sex	Male	164	87.50
	Female	23	12.50
	Total	187	100.00
Marital status	Married	181	96.88
	Unmarried	6	3.13
	Total	187	100.00
Education level	Educated	23	12.50
	Read and write	113	60.42
	Illiterate	51	27.08
	Total	187	100.00
Age	20-30	16	8.33
	31-40	60	32.29
	41-50	70	37.50
	51-60	25	13.54
	61-70	10	5.21
	>70	6	3.13
	Total	187	100.00
Farm size in (ha)	<1ha	23	12.50
	1-2.5ha	62	33.33
	2.6-3.5ha	72	38.54
	>3.5ha	30	15.625
	Total	187	100.00

The key drivers of deforestation in the study areas

Direct cause of deforestation

Agricultural expansion

The results highlight that agricultural expansion, particularly the cultivation of land, is a primary driver of deforestation and land use/cover changes in the study area. The majority of respondents (94.79%) identified agricultural expansion as the main threat to deforestation (see Figure for graph, 8). Land is a vital resource in Shabe Sombo Woreda, used for agricultural production, income generation, house construction, and settlement. Key informants noted that the local community heavily depends on agriculture for their livelihoods, engaging in mixed farming that includes both crop cultivation and livestock rearing.

According to a report from the Shabe Sombo District Office (2022), households generally have small land holdings ranging

from 0.67 to 1.25 hectares. Due to these limited land sizes, crop yields often fall short of meeting the needs of farming households. Similar observations from various parts of Ethiopia have identified the expansion of agricultural land into forested areas as a major driver of deforestation and disruption of forest ecosystems. This finding aligns with previous studies by Bielli [22] and Dessie and Kleman [23], which emphasized agricultural encroachment as a significant factor in forest loss in Ethiopia.

Informants also noted several factors contributing to low agricultural production in the area, including inappropriate land use systems, limited awareness of modern farming practices, and the high cost of inorganic fertilizers. As a result, farmers often expand their cultivated land into forests and woodlands. Some farmers have organized at the micro level to secure additional land for cash crops such as chat and eucalyptus trees. This



Figure 2. Agricultural expansion in the study areas



Figure 3. Fuel wood and charcoal production in the study areas



Figure 4. Settlement expansion in the study areas

ongoing encroachment into surrounding forests has led to further degradation of these areas. Farmers have observed a significant increase in cultivated land at the expense of forested areas, underscoring the severity of this issue.

Fuel wood and charcoal production

The results of the study highlight the negative impacts of fuelwood consumption on forest resources, biodiversity, and human livelihoods in the area. Approximately 85.42% of respondents identified fuelwood and charcoal production as major drivers of forest cover change (Figure, 5). The predominant use of fuelwood for cooking and lighting in the study area exceeds the national rural reliance on solid energy in Ethiopia, which is around 96% [24].

Focus group discussions revealed that charcoal production is a common practice for generating household income. Participants noted that firewood collection is a major destructive activity, as the local community heavily relies on natural forests for fuel energy for both consumption and sale. Additionally, there was significant concern about the illegal logging of forest timber products. Overall, the abuse of forest resources under the guise of fuelwood collection remains a serious issue, impacting both the community's forest-based livelihoods and environmental sustainability.

Settlement expansion

Settlement expansion is identified as a significant driver of forest conversion in the study area. About 96.88% of respondents highlighted that settlement and resettlement activities are major contributors to forest cover change (see Figure, 5). This finding is consistent with previous research indicating that the expansion of settlement areas, particularly with permanent housing, leads to a reduction in woody vegetation [25].

Key informants noted that urbanization could be beneficial as it improves the socio-economic status of people in the area.

They emphasized that urbanization facilitates infrastructure development and creates employment opportunities for local residents. One informant mentioned that many locals, including some qualified individuals, have been hired due to urbanization. While urbanization has positively affected the socio-economic conditions of many people in the study area, it has also exacerbated environmental degradation. Thus, the benefits of urbanization come with significant environmental trade-offs.

Grazing land expansion

The results reveal that a substantial proportion of respondents (62.5%) identified the expansion of grazing lands as a key driver of deforestation (Figure, 5). Livestock grazing is recognized as a major cause of deforestation, as highlighted by Tariq et al. [26]. In Ethiopia, small natural vegetation is crucial for livestock feed, with approximately 10% of fodder used during the wet season and 60% during the dry season sourced from forested areas [27].

Livestock affect forests in two significant ways: by consuming vegetation as fodder and by trampling and crushing small plants due to the high number of cattle and herds. This overgrazing and trampling contribute to deforestation and have detrimental effects on forest ecosystems. The FAO [28] report further confirms a strong connection between deforestation and cattle ranching, emphasizing the impact of livestock on forest degradation.

Indirect cause of deforestation

Economic factors

Economic factors are also identified as significant drivers of forest cover change, with about 93% of the sampled households utilizing forests for economic purposes (see Figure, 6). This economic use of forests has contributed to a gradual reduction in forest cover. As demand for forest products increased in the market, people have been cutting and selling forest resources to

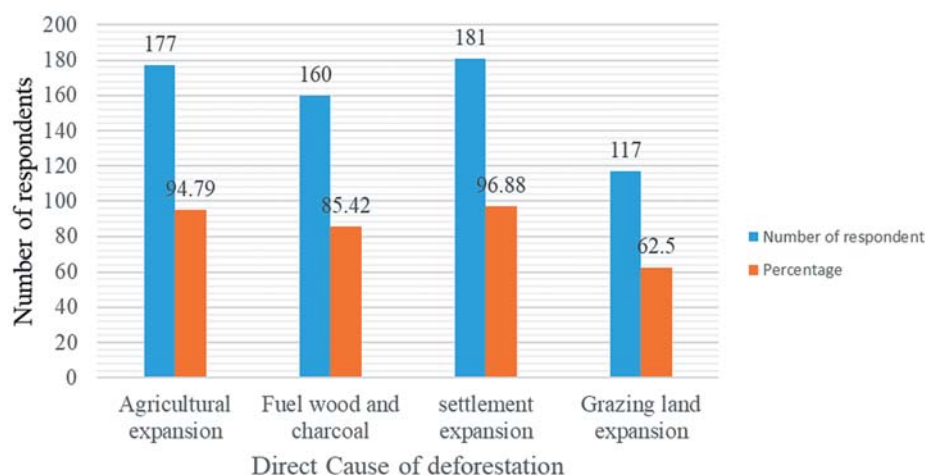


Figure 5. Direct cause of deforestation in the study areas

generate income for their livelihoods. Similarly, when crop prices rose, individuals sold forest products to purchase food for their families. These findings align with reports indicating that economic factors are major drivers of tropical deforestation [29].

Policy and institutional factors

The study identified policy and institutional factors as major contributors to forest cover and land use changes, with approximately 83.33% of respondents acknowledging these issues (see Figure, 6). Key drivers include policy failures such as corruption or mismanagement in the forestry sector and weak implementation of Participatory Forest Management (PFM). Institutional shortcomings, such as uncertain land tenure systems, which lead to lower investment and stimulate illegal logging, have been noted as significant factors in deforestation [29]. Additionally, weak policy enforcement, inadequate forest management capacities, land use conflicts, and policy discrepancies exacerbate forest losses. The implementation of investment and settlement policies without proper environmental impact assessments also poses a major issue [30]. Similarly, changes in policies governing natural resources have been shown to influence land use changes and agricultural expansion [25].

Socio-cultural factors

The study also identified social-cultural factors as significant drivers of forest cover changes in the study area. Public attitudes such as indifference toward forests, low environmental morale,

and frontier mentalities, alongside a lack of fundamental environmental values and beliefs, contribute to deforestation. Approximately 63.54% of respondents attributed forest cover changes to these social-cultural factors (Figure, 6). This indifference towards forest environments is a key factor in the ongoing changes in forest cover.

Population growth

The study highlighted population growth as a major driver of forest and land use/land cover changes in the study area. This is closely linked to anthropocentric factors influencing deforestation. Immigration, population growth, and increasing population density were identified as significant contributors to forest cover changes, with 96.88% of respondents acknowledging population growth as a key factor (Figure, 6). Previous research also supports this finding, indicating that demographic factors such as population growth and density are critical drivers of forest cover change.

Socio-economic and environmental effects of deforestation

The study reveals that a significant majority of respondents (95.83%) believe deforestation directly influences their livelihood incomes (Table 3). Deforestation affects the hydrological aspects of watersheds, altering water resources and environmental conditions locally and globally. The conversion of forests to agricultural land reduces rainwater infiltration and percolation, affecting the recharge of streams, springs, and underground water sources. Most respondents (92.7%) noted that forest

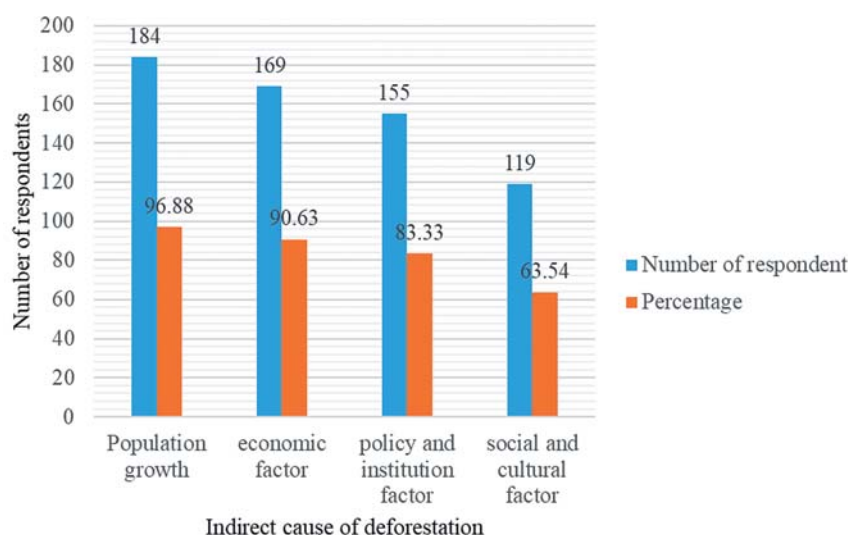


Figure 6. Indirect cause of deforestation in the study areas

depletion has led to a decline in surface water volume over time.

Interviews with focus groups and elders confirm that the volume and flow patterns of local streams and rivers have decreased. Additionally, 97.91% of respondents perceive that deforestation has increased local temperatures, and 90.62% observe a decrease in rainfall with the decline in forest cover (Table 3). Local farmers and elders have observed various climate changes, including the drying up of wetlands, the increase in livestock diseases potentially linked to vector-borne illnesses, a reduced growing period, and shifts in crop cultivation practices. Socio-economic impacts include longer distances to fetch water and decreased availability of drinking water for animals.

The study area, once rich in indigenous tree species like *Syzygium guineense*, *Olea welwitschii*, *Prunus africana*, and *Pouteria adolfi-friederici*, has experienced significant ecological and biodiversity loss due to deforestation driven by settlement and agricultural expansion. The increasing human population continues to pressure the remaining forests, with complex and widespread impacts on livelihoods, traditions, and forest-dependent communities. The majority of respondents (93.75%) linked forest destruction to increased erosion in the district (Table 3). Soil erosion, particularly sheet erosion on cultivated lands, has exacerbated soil fertility issues. This erosion is a significant concern among local land users, highlighting the need for addressing both environmental and socio-economic impacts of deforestation.

Farmers' perception on deforestation in shabe sombo Woreda

The study indicates that a vast majority of respondents (97.92%) recognize deforestation as a real problem in Shabe

Sombo district (Table 4). Among the respondents, 32.29% view deforestation as "the clearance of forest for different purposes," while 43.75% see it as "logging and burning of forests." Additionally, 23.96% of respondents understand deforestation as "the permanent clearing of forests for crop farming" (Table 4).

When asked about the severity of the problem, 90.62% of farm households deemed deforestation a critical issue in the study area. This perception aligns with the broader context of deforestation in Ethiopia, which has experienced significant declines in forest cover throughout the 20th century. Forest cover in Ethiopia, which was around 40% in the early 20th century, dropped to approximately 16% by the 1960s and further to about 2.5% by the end of the century. However, recent data indicate a slight improvement, with forest cover now around 9% [31]. Deforestation in Ethiopia is characterized by the indiscriminate clearance of forest and woodland resources, a critical issue in many developing countries. The extent and rate of deforestation vary by region, but the challenges faced by Shabe Sombo District reflect the broader trends observed across the country.

The Strategies identified to minimize deforestation

Focus group discussion was implemented to triangulate the responses from household interview on possible solutions of threats of deforestation in the study area. From the analysis of informants' suggestion as possible solution of deforestation is Awareness related to Problem (97.92%) were major way to minimize the loss of plant diversity followed by reforestation (96.87%), Afforestation (90.62%), Controlling Illegal cutting (78.12%) and using alternative energy (62.5%) in the community nearby to the forest (Table 5).

Table 3. Socio-economic and environmental effects of deforestation

Parameter	Agree		Disagree		Undecided	
	F	%	F	%	F	%
Affect livelihood incomes	92	95.83	1	1.04	3	3.12
Decrease of the amount of surface water volume	89	92.7	2	2.08	5	5.21
Increase local temperature	94	97.91	1	1.04	1	1.04
Affect variability of rainfall	87	90.62	4	4.16	5	5.21
High erosion prevalence	90	93.75	4	4.16	2	2.08
High loss of habitat of animals and plants	93	96.87	1	1.04	2	2.08
Increase of forest products price	90	93.75	2	2.08	4	4.16

Table 4. Farmer's perception on deforestation in shabe sombo Woreda

Parameter	Response option	frequency	Percent
Do you know the impacts of deforestation in your area	Yes	183	97.92
	No	4	2.08
	Total	187	100
it is a critical problem	Yes	169	90.62
	No	18	9.38
	Total	187	100
How deforestation is perceived by the local people	The clearance of forest	61	32.29
	The logging and burning of forest	82	43.75
	The permanent clearing of forest for crop farming	44	23.96
	Total	187	100

The promotion of alternative energy sources (like biogas and solar energy) should be encouraged to reduce dependence on the use of firewood. Reducing deforestation would also require creating and strengthening reversal of deforestation such as awareness rising on consequences of deforestation (public education) and strengthening participatory forest restoration and protected area expansion programs. This is in line with the same recommendation from Asfawa and Fikadu [32]. It is vital therefore, that the Woreda natural resource administrative body or Forest and environment office to enhances the land use planning process in addition to identifying and implementing appropriate decision to mitigate harmful effects of development activities (like illegal agricultural expansion, urbanization and settlement expansion) on forest resources. During data collection session the researcher observed that, the nearby society still, rely on the forest for their daily life activities and most people cut down trees for fuel wood and charcoal production.

The deforestation is dynamic significantly effects of livelihood incomes, Decrease of the amount of surface water volume, Increase local temperature, Affect variability of rainfall, High erosion prevalence, High loss of habitat of animals and plants Increase of forest products price in the study areas. Destruction of forest (deforestation) is also a significant problem in Ethiopia. On the other hand, deforestation in the Shabe sombo area is perceived as the clearance of forest for different purpose by 32.29% of the house hold", logging and burning of forest, the clearance of forest for different purposes by 43.75% of the households. Again the problem (deforestation) is understood as the "the permanent clearing of forest for crop farming" by about 23.96% of the respondents. The possible recommendation for minimize deforestation is the critical importance for sustainability of forest. From the analysis of informants' suggestion as possible minimize of deforestation is Awareness related to Problem (97.92%) were major way to minimize the loss of plant diversity followed by reforestation (96.87%),

Table 5. Possible recommendation for minimize deforestation

Parameter	Agree	Disagree	Undecided			
	Freq.	P (%)	Freq.	P (%)	Freq.	P (%)
Reforestation	181	96.87	2	1.04	4	2.08
Afforestation	169	90.62	4	2.08	15	8.33
Awareness related to Problem	183	97.92	2	1.04	3	1.26
Controlling Illegal cutting	146	78.12	21	11.45	20	10.42
Using Alternative source	117	62.5	48	26.04	23	11.45

The effort to control the prevailing destruction of Ethiopia's forests and associated ecosystems and reverse the consequent social and economic disruptions is not adequate when compared to the attention that the problem requires. Nevertheless, country-wide tree planting activities, afforestation campaigns, and the demarcation of forest resource areas have been undertaken. The development of a participatory management system, in which local communities play an important role through joint forest management, and the participation of the private sector in the forestry sector are crucial steps. Improving the institutional frameworks of forestry for effective management, integrating forestry into all land uses so that trees become an integral part of land use practices, enhancing the efficiency of forest use, and carrying out updates of data on the resources, among others, may contribute to the improvement of forest resources, the environment, and the people.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Conclusion

Indeed, deforestation arises from a combination of human activities and natural phenomena. However, this study specifically focused on human-induced factors within the designated areas. Consequently, both direct and indirect causes of deforestation were pinpointed. Agricultural expansion (94.79%), fuelwood collection (85.42%), settlement expansion (96.88%), and grazing land expansion (62.5%) were identified as primary drivers of deforestation in the study areas. Additionally, economic factors (90.63%), policy and institutional factors (83.33%), social and cultural factors (63.54%), and population growth (96.88%) emerged as indirect contributors to deforestation, consistent with trends observed across southwestern Ethiopia.

Afforestation (90.62%), Controlling Illegal cutting (78.12%) and using alternative energy (62.5%) in the community nearby to the forest. Awareness should be created at all levels on the negative effect of deforestation on the livelihood of farmers. Alternative energy sources should be considered and information disseminated at grass roots level to protect the remaining forests.

Recommendation

Based on the findings of the present study, the following recommendations are suggested.

- Design appropriate policies and strategies to achieve approach and technical change in sustainable natural resources conservation process in the study area and other similar areas of the zone and the region at large.

- Awareness should be created at all levels on the negative effect of deforestation on the livelihood of farmers. Alternative energy sources should be considered and information disseminated at grass roots level to protect the remaining forests.

- Most of the causes of deforestation in the study area directly or indirectly relate to the growth of population. Therefore, to minimize deforestation, the growth of population in the area should decrease. This is through reducing the rate of fertility. Therefore, education on family planning to the people has to be provided along with the important of contraceptive delivery services.

- The concerned bodies should educate and give a responsibility for the people to use and conserve the forest resources found in their area. If people have a right to use forests properly and they can be accountable for its destruction and thus conserve this resource. On the other hand, the government needs to consider guarantying rights over the land, by issuing ownership certificate, which could initiate the people to invest in tree planting.

• References / Литература

1. Acharya K.P., Dangi R.B., Tripathi D.M., Bushley B.R., Bhandary R.R., Bhattarai B. Ready for REDD? Taking Stock of Experience, Opportunities and Challenges in Nepal. Nepal Foresters' Association: Kathmandu, Nepal. Printed at. 2009. pp.284-299.
2. Belcher B., Achdiawan R., Dewi S. Forest-based livelihoods strategies conditioned by market remoteness and forest proximity in Jharkhand, India. *World development*. 2015;(66):269-279.
3. UNFCCC. Background Paper for the Workshop on Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries (No.1(a)(2006)) (Vol. 1), Rome, Italy.
4. Food and Agriculture Organization., 2010. "Criteria and Indicators for Sustainable wood fuels", Rome, Italy, pp. 5
5. Gorte R.W., Sheikh P.A. Deforestation and climate change [Internet. 2010 Mar 24
6. Ayanwuyi E., Oladosu O., Ogulade I., Kuponiyi F.A. Rural women perception of effects of deforestation on their economic activities in Ogbomoso area of Oyo State, Nigeria. *Pakistan Journal of Social Sciences*. 2007;4(3):474-479.
7. Angelsen A., Shitindi E.F.K., Aarrestad J. Why do farmers expand their land into forests? Theories and evidence from Tanzania. *Environment and Development Economics*. 1999;4(3):313-331.
8. Alemu M.M. Current trends of investment effect on land-use practices of Ethiopia. *Open Access Library Journal*. 2017;4(01):1.
9. Muleta T.T., Kidane M., Bezie A. The effect of land use/land cover change on ecosystem services values of Jibat forest landscape, Ethiopia. *GeoJournal*, 2020. pp.1-17.
10. Srinivasan S. Extension of deforestation in Ethiopia: A review. Department of Economics, Madawalabu University, Bale Robe. 2014.
11. Food and Agriculture Organization of United Nations. Global Forest Resources Assessment: Ethiopia, Country Report. 2005.
12. Fekadu G. Forest loss and Climate Change in Ethiopia. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*. 2015;4(5):216-224. <http://www.apexjournal.org>
13. Feyera S. Environmental Profile of Ethiopia, Addis Ababa, August, 2007.
14. Badege Bishaw. Deforestation and Land Degradation in the Ethiopian Highlands. 2001.
15. Belay S. Building Community Resilience to Climate Change: Lesson from Choke Mount ain Agro-Ecosystems, Abay/the Blue Nile Highlands. Addis Ababa University Press. 2016.
16. Habtamu W., Debela H., Serekebirhan T. Impacts of Deforestation on the Livelihood of Smallholder Farmers in Arba Minch Zuria Woreda, Southern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*. 2017;12(15):1293-1305. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10123>
17. Shabe Sombo District Rural Land and Environmental Protection Office Plan, 2015.
18. Schmitt B.H. *Customer experience management: A revolutionary approach to connecting with your customers*. John Wiley & Sons. 2010.
19. Central statistical agency in Ethiopia (2013)
20. Hermann T., Atmor N., Heller E., Lebel Y. The Israeli democracy index 2012. The Israeli Democracy Institute, Jerusalem. Hebrew. 2012.
21. Nirmalya K., Stern L.W, Anderson J.C. Conducting Interorganizational Research Using Key Informants. *Academy of Management Journal*. 2017;36(6).
22. Bielli C., Berhanu G., Isaias A., Orasi A. Population Growth and Environment in Ethiopia. In-depth Studies from the 1994 Population and Housing Census in Ethiopia. Italian Multi-Bi Research Project ETH/92/P01, Central Statistical Authority (CSA), Ethiopia. 2001.
23. Dessie G, John K. Pattern and magnitude of deforestation in the south central rift valley region of Ethiopia. *Mt Res Dev*. 2007;(27):162-168.
24. Jargstorf B. Renewable energies in Ethiopia. In Symposium on Renewable Energies in Ethiopia (Mobile Exhibition), Addis Ababa (Ethiopia), 26-27 April, 2004. German Technical Cooperation. 2004.
25. Elias M., Hensel O., Richter U., Hülsebusch C., Kaufmann B., Wasonga O. Land conversion dynamics in the Borana rangelands of Southern Ethiopia: an integrated assessment using remote sensing techniques and field survey data. *Environments*. 2015;2(1):1-31.
26. Tariq M., Rashid M., Rashid W. Causes of deforestation and climatic changes in DirKohistan. *Journal of Pharmacy and Alternative Medicine*. 2014;3(2):28-37.
27. Ewnetu T. The Major Causes of Deforestation and its Management Options in the Case of Ethiopia. *Int.J. Curr.Res.Aca.Rev*. 2021;9(05):30-39. <https://doi.org/10.20546/ijrcar.2021.905.00>
28. FAO. 2016. Forestry contribution to national economy and trade in Ethiopia, Kenya and Uganda. By Kilawe, E. and Habimana, D. UN: FAO.
29. Geist H.J., Lambin E.F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *Bioscience*. 2002;52(2):143-150.
30. Moges Y., Eshetu Z., Nune S. Ethiopian forest resources: Current status and future management options in view of access to carbon finances. Ethiopian Climate Research and Networking and the United Nations Development Programme, Addis Ababa. 2010. pp 30-31.
31. Alemu B., Kidane D. Implication of Integrated Watershed Management for Rehabilitation of Degraded Lands: Case Study of Ethiopian Highlands. *Journal of AgricBiodivers Res*. 2014;3(6):78-90.
32. Asfaw Z., Fekadu B. Factors affecting smallholder farmers' participation in degraded forest rehabilitation practices. The case of Gemachis District, West Hararghe Zone, Oromia Region, Ethiopia. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*. 2018;10(11):234-244.

About the Author:

Wendu Kebede Gameda – MSc, wondukebede1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0378-0834>

Об авторе:

Венду Кебеде Гемеда – MSc, wondukebede1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0378-0834>

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-113-119>
УДК: 635.64:631.527.56

К. Партоев ^{1*}, С. Мирзоали ²,
Б.Н. Сатторов ²

¹ Институт ботаники, физиологии
и генетики растений НАН Таджикистана,
Душанбе, Таджикистан

² Таджикский государственный педагогический
университет им. С. Айни
Душанбе, Таджикистан

*Автор для переписки: pkurbonali@mail.ru

Вклад авторов: Партоев К.: концептуализация, визуализация/представление данных, верификация данных, написание черновика рукописи, редактирование рукописи. Сафармади М.: закладки опытов, проведение исследований, визуализация/представление данных, верификация данных. Сатторов Б.Н.: закладки опытов, проведение исследований, написание черновика рукописи, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Партоев К., Сафармади М., Сатторов Б.Н. Агроэкологическое испытание топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) в Таджикистане. *Овощи России*. 2025;(2):113-119.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-113-119>

Поступила в редакцию: 19.09.2024

Принята к печати: 25.12.2024

Опубликована: 15.04.2025

Kurbonali Partoev ^{1*},
Safarmadi Mirzoali ², Bakhtovar N. Sattorov ²

¹ Institute of Botany, Plant Physiology and Genetics
of the National Academy of Sciences of Tajikistan
Dushanbe, Tajikistan

² Tajik State Pedagogical University named after. S. Aini
Dushanbe, Tajikistan

*Corresponding Author: pkurbonali@mail.ru

Authors' Contribution: Partoev K.: conceptualization, visualization/presentation of data, data verification, manuscript draft writing, manuscript editing. Safarmadi M.: research, visualization/presentation of data, data verification. Sattorov B.N.: research, manuscript draft writing, manuscript editing.

Conflict of interest: The authors declare that there are no conflict of interest.

For citation: Partoev K., Safarmadi M., Sattorov B.N. Agroecological test of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Tajikistan. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):113-119. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-113-119>

Received: 19.09.2024

Accepted for publication: 25.12.2024

Published: 15.04.2025

Агроэкологическое испытание топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) в Таджикистане

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Территория Республики Таджикистан на 93% занята горными экосистемами. Вертикальная зональность, где возможно выращивать сельскохозяйственные культуры, простирается на высотах от 350 до 4000 м над уровнем моря. С учетом растущей численности населения республики стоят задачи поиска и внедрения инновационных путей и методов получения максимального объема необходимой продукции при сохранении и увеличении плодородия и качества земельных и почвенных ресурсов. К числу сельскохозяйственных культур, которая могла бы в будущем обеспечить получение высокой биомассы с энергетической составляющей с единицы площади сельскохозяйственных угодий, можно отнести растение топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.).

Материал и методика. В различных агроэкологических условиях Таджикистана изучен коллекционный материал топинамбура (более 25 сортов), с целью определения его продукционного потенциала и дальнейшей интродукции в различных экологических зонах республики. Проведены посадки в Южном (районы Васейский, Вахшский и Муминабадский, расположенных соответственно на высоте 460, 600 и 1200 м над уровнем моря), Центральном (г. Душанбе, зона Канаск, на высоте соответственно 840 и 2560 м) и Восточном (Раштский и Ляхшский районы, расположенных соответственно на высоте 1800 и 2000 м над уровнем моря) Таджикистане.

Результаты. Установлено, что продуктивность сортов топинамбура в зависимости от вертикальной зональности существенно меняется, и это в основном связано с влиянием температуры воздуха. Урожайность топинамбура в большей степени зависит от высоты над уровнем моря и суммы эффективных температур. В различных агроэкологических условиях она колеблется от 10 до 63 т/га, а общая биологическая масса – от 30,8 до 175,7 т/га. Сравнительно высокий урожай получен в условиях Юга Таджикистана (460 м над уровнем моря) – урожай клубней составил 63 т/га, а общая биомасса – 175,7 т/га.

Заключение. В условиях Таджикистана на высотах от 460 м до 2560 м над уровнем моря средняя урожайность общей биомассы топинамбура составляет 91,8 т/га, это может быть важным биоресурсом для поддержки кормовой базы в животноводстве, а также продуктом питания (клубни) для населения. Посредством широкого выращивания топинамбура на различных типах почв можно значительно повысить экономическую отдачу земельных ресурсов Республики Таджикистан.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроэкология, топинамбур, сорт, биологическая масса, продуктивность, урожайность, корреляция, Таджикистан

Check for updates



Agroecological test of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Tajikistan

ABSTRACT

Relevance. The Republic of Tajikistan is a mountainous country, 93% of whose territory is occupied by mountain ecosystems. The vertical zonation where it is possible to grow crops extends at altitudes from 350 to 4000 m above sea level. Taking into account the growing population of the republic, scientists are faced with the task of finding and implementing innovative ways and methods of obtaining the maximum volume of necessary products and biological mass per unit area while maintaining and increasing the fertility and quality of land and soil resources. Among the agricultural crops that could in the future provide high biological mass with an energy component per unit area of agricultural land include the Jerusalem artichoke plant (*Helianthus tuberosus* L.).

Material and Methods. In various agro-ecological conditions of Tajikistan, collection material of Jerusalem artichoke (more than 25 varieties) was studied in order to determine its production potential and further introduction in various ecological zones of the republic. Jerusalem artichoke plantings were carried out in the Southern (Vaseysky, Vakhsh and Muminabad districts, located respectively at an altitude of 460, 600 and 1200 m above sea level), Central (Dushanbe, Kanask zone, at an altitude of 840 and 2560 m, respectively) and Eastern (Rasht and Lyakhsh areas located respectively at an altitude of 1800 and 2000 above sea level) in Tajikistan. In the conditions of Tajikistan, the soils mainly belong to the following types: light gray soils, typical gray soils and mountain carbonate soils.

Results. It has been established that the productivity of Jerusalem artichoke varieties varies significantly depending on vertical zonation and this is mainly due to the influence of air temperature. The yield of Jerusalem artichoke largely depends on the altitude above sea level and the sum of effective temperatures. The yield of Jerusalem artichoke tubers in various agro-ecological growing conditions ranges from 10 to 63 t/ha, and the total biological mass from 30.8 to 175.7 t/ha. A relatively high yield in our experiments was obtained in the conditions of the south of Tajikistan (at an altitude of 460 m above sea level). Here, the yield of Jerusalem artichoke tubers was 63 t/ha, and the total biological mass was 175.7 t/ha.

Conclusion. In the conditions of Tajikistan at altitudes from 460 m to 2560 m above sea level, the average yield of the total biomass of Jerusalem artichoke is 91.8 t/ha, which can be an important bioresource for supporting the forage base in livestock farming, as well as a food product (tubers) for the population. By widely cultivating Jerusalem artichoke on various types of soil, it is possible to significantly increase the economic return of land resources in the Republic of Tajikistan.

KEYWORDS:

agroecology, Jerusalem artichoke, variety, biological mass, productivity, yield, correlation, Tajikistan

Введение

Топинамбур (подсолнечник клубненосный, *Helianthus tuberosus* L.) – сладкий и высокопитательный корнеплод, как и подсолнечник, он относится к семейству Астровых, но отличается образованием в подземной части клубней различной величины, формы и цвета. Топинамбур в России называют «земляной грушей», «диким подсолнухом», «солнечным корнем», в Европе – «иерусалимским артишоком», в Казахстане – «китайской картошкой».

Родиной топинамбура считается Северная Америка, где он растёт в диком виде и был введён в культуру индейцами до появления там европейцев. В Европу растение попало через Францию, где и получило название «топинамбур» (от названия племени бразильских индейцев – топинамба). В Россию топинамбур попал в начале XVIII века [1,3-4].

Ботаническая характеристика топинамбура

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – многолетнее растение семейства Астровые (*Asteraceae*). Топинамбур (земляная груша) представляет собой клубненосное растение, обладающее мощной корневой системой, прямостоячим стеблем, достигающим в высоту до 3-4 м. Листья сердцевидно-яйцевидной формы, крупные, длиной 10-20 см и шириной 5-12 см, по краю зубчатые, черешковые, темно-зеленой окраски. Соцветие – корзинка, диаметром 1-1,5 см, состоит из ложноязычковых желтых цветков. Плод – семянка. Корневая система стержневая, проникает на глубину до 2 м, образует многочисленные побеги (столоны), на которых формируется от 10-30 и более клубней. Клубни – грушевидные, веретеновидные, округлые, с выпуклыми почками-глазками, с окрасками: белого, желтого, розово-красного и фиолетового цвета, мякоть – белая, шкурка – желтовато-коричневая). Масса клубней – от 10 до 150 г. Селекционерами мира выведены более 500 сортов топинамбура.

Родина топинамбура – Северная Америка. Впервые клубни топинамбура употреблялись в пищу бразильскими индейцами ещё задолго до открытия Северной Америки европейцами. Название «топинамбур» было дано растению случайным образом, когда в XVII веке во Францию были привезены индейцы бразильского племени Тупинамбус. У них были обнаружены клубни неизвестного растения, которое стали именовать словом «топинамбур» – производным от названия племени.

В Европу топинамбур попал в начале XVII века благодаря путешественнику и первооткрывателю Самюэлю де Шамплону, отправившему клубни топинамбура из Канады во Францию и впервые сравнившего их по вкусовым качествам. С тех пор за более чем 500 лет культивирование весьма неприхотливого к условиям произрастания топинамбура получило широкое распространение (2,5 млн га и более 300 сортов) во многих странах мира с разными названиями: «канадская картошка», «джирасол», «солнечный корень»), «санчок», «картошка хомхурак», «картошкагул» и др.) [1-4].

Химический состав клубней топинамбура

Клубни топинамбура содержат в своем составе: инулин (11-17%), фруктозу, фруктоолигосахариды, аминокислоты (до 8%) (в том числе 8 – незаменимых аминокислот – аргинин, гистидин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, триптофан, метионин и фенилаланин), каротиноиды, витамины В₁, В₂, В₃ (РР), В₆, В₉, С, пектины (до 10%), органические кислоты (лимонная, малоновая, яблочная, янтарная, фумаровая),

жирные кислоты (0,4%-0,7%), азотистые вещества, клетчатку (до 6%), а также весьма широкий набор макро- и микроэлементов (калий, натрий, магний, железо, фосфор, марганец, кальций, кремний, медь, цинк, сера, хром, йод, бор, алюминий, кобальт, молибден, фтор и др.).

В последние годы во многих странах мира ведётся поиск и изучение растений, которые могут быть использованы как сырьё для получения биоэтанола (биотопливо).

В этих целях уже нашли практическое применение некоторые зерновые, крестоцветные культуры и высокопродуктивные дикорастущие растения. По нашему мнению, к числу таких растений, отвечающих вышеперечисленным критериям, в условиях Таджикистана можно отнести топинамбур (земляную грушу).

Земляная груша (топинамбур) в Таджикистан была завезена в 20-х годах прошлого столетия переселенцами и использовалась как декоративное растение [6, 9, 10]. Насаждения земляной груши можно было встретить у жилых домов, в палисадниках, садах и реже в огородах. В 1950 году А.П. Саверкин, проводя испытание различных сортов кормовых культур в условиях высокогорья Гиссарского хребта, сообщил о хорошем развитии земляной груши на высоте около 3000 м над уровнем моря.

С целью получения кормовой массы в 1953-1955 годах в Таджикистане на специальных опытных участках проведено размножение посадочного материала земляной груши и для посева колхозам и совхозам республики передано 500 ц клубней.

В 1956-1958 годах земляная груша возделывалась в природно-климатических условиях Гиссарской и Вахшской долин, в Гармской группе районов, в Ленинабадской области и на Западном Памире. В производственных посевах колхозов также, как и на опытных участках, земляная груша в среднем давала урожай зелёной массы 500 ц, а клубней – 250 ц с одного гектара. В условиях высокогорья в колхозах Ишкашимского, Рошткалинского и Шугнанского районов установлено, что земляная груша является ценной кормовой культурой, способной давать 500-600 ц зелёной массы и 150-200 ц клубней с каждого гектара [5].

В мировой практике интерес к топинамбуру в разные периоды то возростал, то затухал, что определялось активностью изучения и пропаганды потенциальных возможностей этой культуры и высокой продуктивностью надземной массы и клубней. В первой половине XX-го века топинамбур исследовался с целью использования его в качестве кормовой культуры. Однако широкие биохимические исследования последних десятилетий, начиная с 80-х годов XX-го столетия, показали, что наряду с кормовыми достоинствами топинамбур имеет высокую перспективность использования в качестве пищевой, лекарственной и технической (биоэнергетической) культуры [1-4].

Топинамбур – неприхотливое, многолетнее высокопродуктивное растение, устойчивое к неблагоприятным условиям, эффективно использующее солнечную энергию для роста и развития.

В условиях Таджикистана земляную грушу можно высаживать во всех долинно-предгорных, горных и высокогорных районах в местах с пересеченным рельефом на склонах оврагов, в балках, в поймах рек, то есть в местах, где другие культуры произрастать не могут [6].

О высокой экологической пластичности растений топинамбура свидетельствует тот факт, что в осенний период года они способны переносить заморозки до –7...–8°C.

Клубни могут неоднократно замерзать, оттаивать и при этом не терять жизнеспособности. Не выкопанные клубни сохраняют жизнеспособность при снежном покрове 0,2-1,0 м даже при промерзании почвы и понижении температуры воздуха до -35°C и ниже [1; 6].

Следует особо подчеркнуть, что естественный полиплоидный уровень топинамбура и его способность к вегетативному размножению создают большие предпосылки для селекции сортов с высоким уровнем гетерозиса, в том числе с незатухающим гетерозисом. Кроме того, виды разной плоидности рода *Helianthus* используются исследователями при межвидовой гибридизации для создания хозяйственно ценных гибридов [1;6]. Например, получены высокопродуктивные гибриды топинамбура с подсолнечником – топинамбур-солнечники (сорта Новость ВИРа, Восторг и др.) [1,2,3]. Два российских сорта подсолнечника (Прогресс и Новинка) выведены академиком Г.В. Пустовойтом на основе гибридов скрещивания *H. annuus* и *H. tuberosus* [1].

Земляная груша способна давать очень высокие урожаи, составляющие более 1000 ц/га зелёной массы и 500 ц/га клубней. Средняя урожайность земляной груши обычно составляет порядка 400-500 ц/га зелёной массы и 250 ц/га клубней [1,3, 15, 14, 16].

В Таджикистане урожай зелёной массы земляной груши в условиях полива достигает 1000 ц/га, а клубней – 400-450 ц/га, на богарных землях – 300 ц/га зелёной массы и 120 ц/га клубней [6]. В долинных районах Таджикистана к концу июля рост растений достигает высоты более 2.5 м. Урожай зелёной массы в это время составляет не менее 550 ц/га. Если в это время ботву скосить, то земляная груша вновь даст к осени повторно такой же урожай ботвы [6, 10]. Эта биологическая особенность земляной груши позволяет производить закладку силоса из её зелёной массы в два срока: летом и осенью. Здесь важно то, что сроки силосования ботвы земляной груши совпадают со сроками массового летнего и осеннего силосования других силосных культур, что позволяет готовить их смеси [6, 10,11].

О пищевой ценности топинамбура сообщают многие авторы [8, 10, 14].

Во многих странах мира топинамбур выращивают, как полезную и лечебную культуру, что видно из нижеприведённого рисунка 1 [8].

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – высокоурожайная сельскохозяйственная культура. В условиях Нечерноземья Российской Федерации его урожайности зелёной массы может достигать 60.0 т/га, а клубней – 40.0 т/га, обеспечивать выход 7.5-10.0 т/га кормовых единиц и 6.0-6.8 ц/га переваримого протеина. Топинамбур отличается высокими питательными качествами благодаря наличию в нём ценных компонентов химического состава. Клубни содержат 18-22% сахаров, до 2.5% протеина, витамины группы В и С. В минеральном составе зольных элементов содержится до 6% фосфора, свыше 5% железа, что делает клубни особенно ценным кормом для молодняка. Зелёная масса содержит до 20-25% сухого вещества. В него входит углеводный комплекс, значительную долю которого занимает особый вид углевода – инулин, перерабатывающийся в организме животных в легкоусвояемую фруктозу, а также содержатся полноценный протеин (который представлен 16 аминокислотами, в том числе 8 незаменимыми), а также витамины и клетчатка [1, 2, 3; 8-11; 12,13, 14].

Агроэкологические факторы среды имеют большую амплитуду в различных условиях долины и горной зоны Таджикистана и эти факторы по разному влияют на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур. В частности, авторы [6, 10, 15] информируют, что между такими признаками топинамбура, как высота стебля, количество листьев, количество клубней и продуктивностью наблюдается прямая средняя корреляционная связь в зависимости от зоны возделывания.

Знание влияния различных агроэкологических факторов среды на ряд полигенных признаков топинамбура имеет большое научно-практическое значение в процессе выведения новых перспективных генотипов топинамбура в будущем.

Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон в 2011 году перед учеными страны поставил задачу: «Ученые Таджикистана должны разработать пути и методы получе-

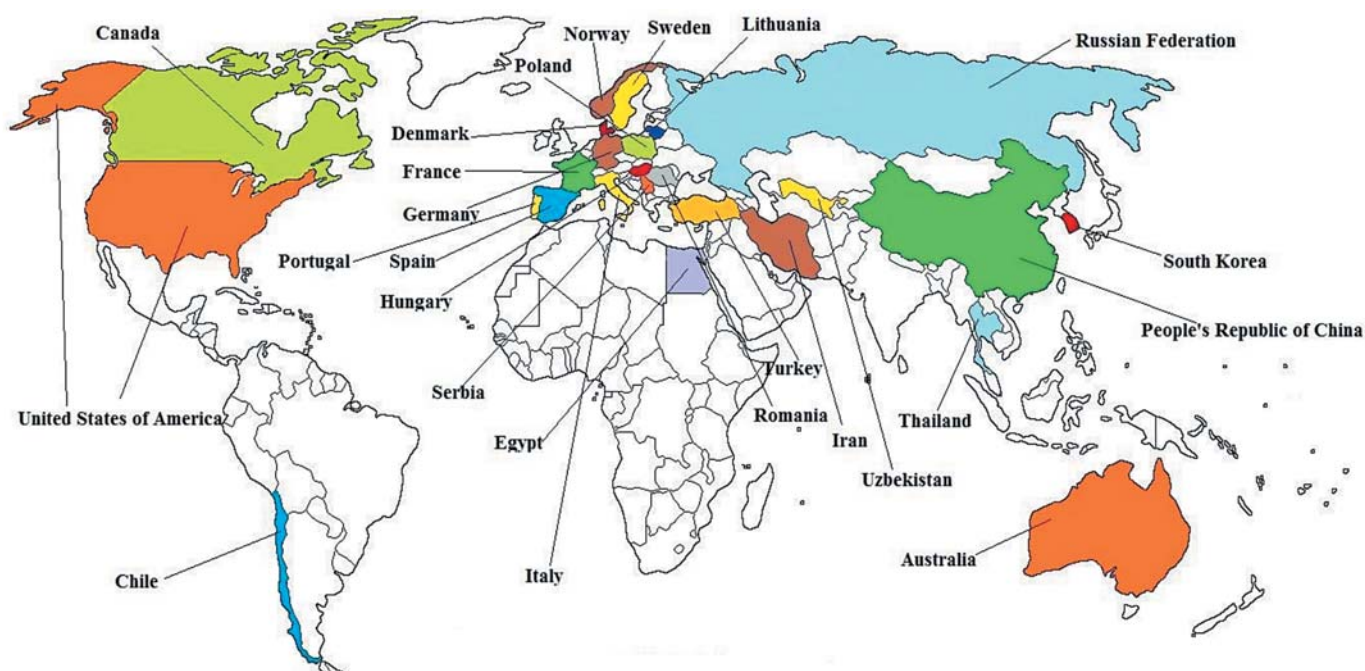


Рис. 1. Страны мира, где выращивают топинамбур на различные цели [8]
Fig. 1. Countries of the world where Jerusalem artichoke is grown for various purposes [8]

ния биоэтанола (био бензина) на основе использования топинамбура (земляной груши). Академия наук совместно с Министерством энергетики и промышленности, местные исполнительные государственной власти должны разработать альтернативные источники использования энергии и подготовить рекомендации для их использования в народном хозяйстве страны».

Цель исследований

Цель работы – изучить особенности роста и развития, биологическую продуктивность растений, урожай общей биомассы и клубней топинамбура в долине и в горной зоне Таджикистана и оценить перспективность использования топинамбура, как продовольственный продукт, как корма для животных и как сырья для получения биотоплива.

Материалы и методы исследования

Научные работы по изучению особенностей роста и развития, а также проявления ряда морфологических полигенных признаков различных генотипов топинамбура были проведены в течение 2016-2022 годов в различных агроэкологических условиях Республики Таджикистан: Васейский район – 460 м над уровнем моря (н.у.м.), Вахшский район – 600 м н.у.м., и в городе Душанбе – 840 м н.у.м., Муминабадский район – 1200 м н.у.м., Раштский район – 1800 м н.у.м., Ляхшский район – 2000 м н.у.м., город Вахдат (участок Канаск) – 2560 м над уровнем моря. В этих районах сумма эффективных температур колеблется от 895 до 37600С. Количество осадков в виде дождя и снега в течение года колеблется от 300 до 800 мм. Почвы районов, где проводили эксперименты, являются бедными по содержанию гумуса (0,5-2,0%) в пахотном горизонте. Здесь тип почвы в основном сероземы и карбонатные почвы.

Материалом для проведения наших исследований служили элитные и сортовые семенные клубни (I-II-ой семенной репродукции) различных генотипов/сортов топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.). Исходный материал нами был получен из коллекции Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана (ИБФГР НАНТ), Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства (ВИР, Майкопской опытной станции, Республики Адыгея) и Кубанского аграрного университета (Россия). Количество изученных сортообразцов топинамбура в этих районах

составило 16-20 шт. Сортообразцы топинамбура выращивали на основе общепринятой агротехники для каждой агроэкологической зоны. В зависимости от высоты над уровнем моря клубни генотипов/сортов топинамбура высаживали в течение марта–апреля по схеме посадки 70х35 см. Сортообразцы топинамбура были посажены в четырехкратной повторности.

С каждого генотипа/сорта общее количество составило 80 растений. Во время вегетации генотипов/сортов топинамбура были проведены следующие агротехнические работы: внесение минеральных удобрений ($N_{100}P_{150}K_{80}$ кг/га), две междурядные обработки (вручную), культивация междурядий, окучивание рядов и 5-7 вегетационных поливов. Стандартом служил сорт Интерес (селекции РФ). Во время вегетации топинамбура были проведены следующие фенологические учёты и наблюдений: учет всходов, высота растений в разных фазах развития растений, количество листьев, количество стеблей, масса корней, количество клубней, масса клубней, общая биомасса растений. Сведения о среднесуточной температуре воздуха, суммы эффективных температур (свыше 10°C) и количестве осадков были взяты из Государственного учреждения «Метеостанция» города Душанбе Республики Таджикистан. Статистическая обработка данных была проведена по методике [7] с использованием Microsoft Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

В различных экологических зонах, где были проведены наши исследования, наблюдается существенное влияние таких агроэкологических условий местности, как высота над уровнем моря и сумма эффективных температур на формирование различных хозяйственно полезных признаков топинамбура (табл.).

Такие полигенные признаки топинамбура, как масса стеблей, листьев и корней, масса клубней и общая биомасса растений сильно меняются в зависимости от вертикальной зональности нахождения от уровнем моря. За вегетационный период растений с повышением высоты над уровнем моря наблюдается пропорциональное уменьшение суммы эффективных температур (свыше 10°C). Наибольшее количество суммы эффективных температур наблюдается в южной части республики на высоте 460 м над уровнем моря в условиях Васейского района (3760°C), а наименьшее количество – в условиях высокогорья Центрального Таджикистана, в условиях города Вахдат на участке Канаск на высоте 2560 м над уровнем моря (895°C).

Учеными Институтами ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана в течение 2005-2015 годов в результате использования метода отбора из сорта топинамбура Интерес, выведен новый сорт Сарват (Богатство). Новый сорт в отличие от материнского сорта Интерес имеет более ровные и гладкие клубни, что удобно при консервировании. Данный сорт в 2017 году районирован по республике. В производственных условиях по урожайности превышает другие сорта на 25-30%. Урожайность клубней сорта Сарват составляет 45-50 т/га, а общая биомасса – 60-70 т/га. Клубни топинамбура являются хорошим средством для снижения содержания сахара в крови человека. Сорт выращивается на каменистых и малоплодородных почвах. (Авторами сорта являются Партноев К., Ахмедов Х.М., Мирзоев Н.П., Сайдалиев Н.Х. и Ясинов Ш.М.).



Рис. 2. Местность и высоты над уровнем моря, где проведено исследование растения топинамбура (2016-2022 годы)
Fig. 2. The terrain and altitudes above sea level where the Jerusalem artichoke plant study was conducted (2016-2022)

Таблица. Местность, температура, масса стеблей, масса клубней и общая биомасса топинамбура (среднее за 2016-2022 годы)
Table. Terrain, temperature, stem mass, tuber mass and total biological mass of Jerusalem artichoke (average for 2016-2022)

Местность	Высота над уровнем моря, м	Эффективная температура за вегетацию, °C	Масса стеблей, листьев и корней, г/раст.	Масса клубней, г/раст.	Общая биологическая масса, г/раст.
Васейский район	460	3760	2817±1,4	1575±1,6	4392±1,7
Вахшский район	600	3455	2190±1,3	1500±1,8	3690±1,4
г. Душанбе	840	2610	2040±1,6	855±1,7	2895±1,5
Муминабадский район	1200	2280	1100±1,4	590±1,5	1690±1,7
Раштский район	1800	1300	1000±1,2	450±1,1	1450±1,9
Ляхшский район	2000	1210	810±1,5	370±1,8	1180±1,3
Участок Канаск	2560	895	520±1,1	250±1,3	770±1,4
Среднее	-	-	1496,7	798,6	2295,3
НСР ₀₅	-	-	8,2	9,1	10,4



Рис. 3. Клубни сорта Богатство (слева) и сорта Интерес (справа), 2017 год
Fig. 3. Tubers of the Bogatstvo variety (left) and the Interes variety (right), 2017

Проведенные опыты показали, что корреляционная связь между такими показателями, как сумма эффективных температур, масса стеблей и листьев, масса клубней и общая биомасса растений топинамбура сильная положительная (рис. 4,5,6).

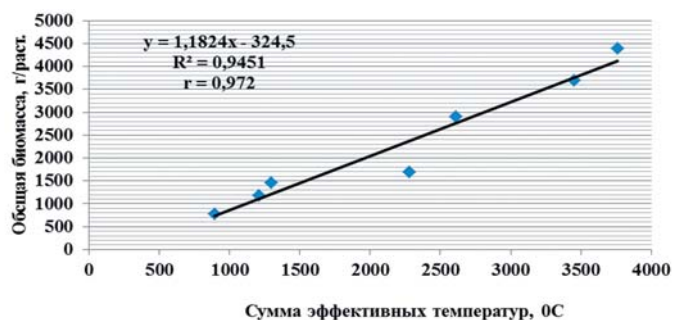


Рис. 4. Корреляционная связь между суммой эффективных температур и общей биомассой топинамбура
Fig. 4. Correlation between the sum of effective temperatures and the total biomass of Jerusalem artichoke

Как видно из рисунков 3, 4 и 5, с увеличением суммы эффективных температур наблюдается значительное увеличение общей биомассы топинамбура, и корреляция между этими показателями составляет $r=0,972$. Корреляционная связь между признаками масса стеблей, листьев, корней и общая биомасса – $r=0,953$, между массой клубней и общей биомассой – $r=0,982$.

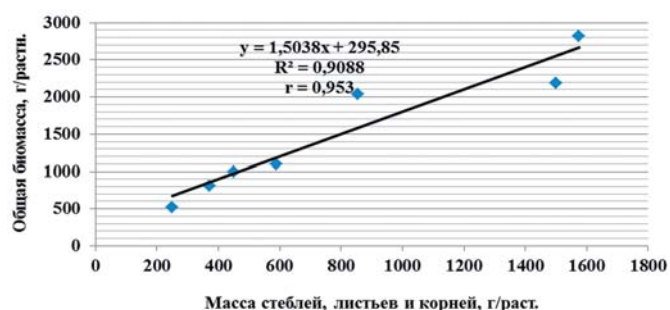


Рис. 5. Корреляционная связь между массой клубней и общей биомассой клубней топинамбура
Fig. 5. Correlation between the mass of tubers and the total biomass of Jerusalem artichoke tubers

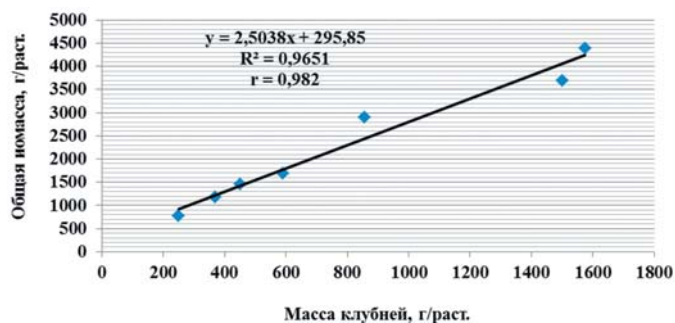


Рис. 6. Корреляционная связь между массой клубней и общей биомассой растений топинамбура
Fig. 6. Correlation between the mass of tubers and the total biomass of Jerusalem artichoke plants

Таким образом, в разных экологических условиях Таджикистана основным влияющим фактором для формирования продуктивности топинамбура является сумма эффективных температур, которая существенно меняется в зависимости от высоты над уровнем моря.

Урожайность клубней сортообразцов топинамбура на высотах от 460 м до 840 м над уровнем моря соответственно составляет 63,0 и 34,2 т/га. Урожайность топинамбура на высотах 1200 до 2000 м уменьшается от 23,6 до 14,6 т/га, а на высоте 2560 м над уровнем моря – 10,0 т/га.

Как показали исследования, высота над уровнем моря также существенно влияет на урожайность клубней и общей биомассы топинамбура, что видно из рисунке 7.

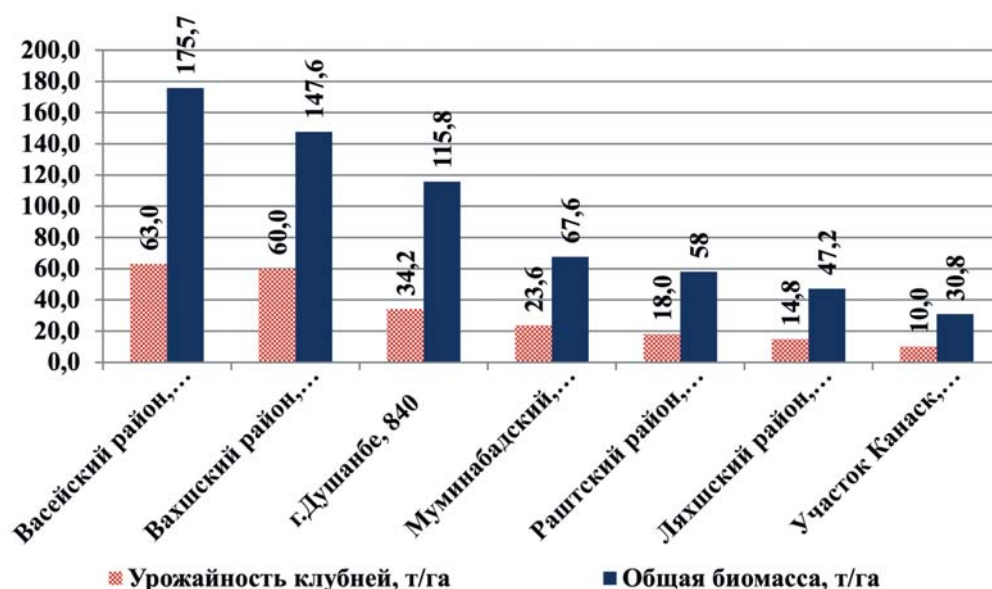


Рис. 7. Урожай клубней и общей биомассы топинамбура в зависимости от высоты над уровнем моря (среднее за 2016-2022 годы)
Fig. 7. Yield of tubers and total biomass of Jerusalem artichoke depending on the altitude above sea level (average for 2016-2022)

Таким образом, высота над уровнем моря по мере возрастания от 470 м до 2550 м вызывает снижение урожайности клубней топинамбура от 63,0 т/га до 10,0 т/га. Урожайность клубней топинамбура на высоте 2560 м в 6,3 раза выше, чем на высоте 460 м над уровнем моря. На высоте 2560 м над уровнем моря из-за низкого уровня суммы эффективных температур наблюдается существенное снижение урожайности топинамбура, по сравнению с возделыванием топинамбура на высотах 460-840 м над уровнем моря. В среднем, урожайность клубней сортов топинамбура в различных уровнях от высоты над уровнем моря составляет 31,9 т/га, что показывает о высоком потенциале растений топинамбура по урожайности клубней в условиях Республики Таджикистан, как важном продукте питания. В перспективе топинамбур может играть важную роль в обеспечении продовольственной безопасности в разных агроэкологических условиях Таджикистана.

Анализ урожайности общей биомассы топинамбура также показывает положительного эффекта высоты над уровнем моря на данный полигенный признак топинамбура. Например, если общая биомасса сортов топинамбура на высотах 460 м и 600 м над уровнем моря соответственно составляет 175,7 и 147,6 т/га, то этот показатель на высотах 2000 и 2560 м соответственно составляет 47,2 и 30,8 т/га или же в 3,7 и 4,8 раза меньше, чем на высотах 460 и 600 м над уровнем моря.

По урожайности общей биомассы сорта топинамбура на высотах 840, 1200 и 1800 м над уровнем моря также значительно отличаются между собой (разница составляет в пределах 9,6-10,8 т/га или же 16,8-22,9%).

Нами также изучены способы получения различных продуктов из корней, клубней и листьев растений топинамбура.

Учеными Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана в течение 2010-2023 годов удалось получить новый сорт топинамбура в условиях

Таджикистана Сарват и патент на способы выращивания топинамбура из корней и столонов.

Заключение

Необходимо отметить, что с учетом растущей численности населения республики, перед учеными стоят задачи поиска и внедрения инновационных путей и методов получения максимального объема необходимой продукции и биологической массы с единицы площади при сохранении и увеличении плодородия и качества земельных и почвенных ресурсов. В разных экологических условиях Таджикистана средняя урожайность общей биомассы сортов топинамбура при их выращивании на высотах от 460 м до 2560 м над уровнем моря составляет 91,8 т/га, это может быть важным биоресурсом для поддержки кормовой базы в животноводстве, а также продуктом питания (клубней) для населения в будущем.

Таким образом, наиболее подходящими зонами для возделывания и получения высокой урожайности топинамбура в условиях Таджикистана являются районы, расположенные на высотах от 460 до 1200 м над уровнем моря, с общей суммой эффективных температур во время вегетации растений от 2280 до 3760°C и сравнительно с низким содержанием гумуса (0,5-2,0%) в пахотном горизонте. В будущем таджикские фермеры посредством посадки топинамбура могут получать высокую массу этой культуры, что так важно для усиления кормовой базы в животноводстве, так же и продуктом питания для населения. В будущем благодаря посадкам топинамбура можно в два – три раза повысить выход биологической массы растений с единицы площади и тем самым укрепить кормовую базу для животноводства и продовольственную безопасность в республике. С другой стороны посредством широкого посева топинамбура на различных типах почвы можно значительно повысить экономическую отдачу земельных ресурсов Республики Таджикистан.

• Литература

1. Шаззо Р.И., Кайшев В.Г., Гиш Р.А., Екутеч Р.И., Корнена Е.П., Кайшев В.Г. Топинамбур: биология, агротехника выращивания, место в экосистеме, технологии переработки (вчера, сегодня, завтра). Краснодар, 2013. 184 с. ISBN 978-5-91718-262-9. <https://elibrary.ru/tjnxwd>
2. Сафорзада Р.Ш., Халифаев Д.Р., Попов Д.М., Шарапов Ф.С. Исследование аминокислотного состава травы топинамбура культивируемого в Таджикистане. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2014;3(8):136-138. <https://elibrary.ru/tcwfwj>
3. Халифаев Д.Р., Попов Д.М. Получение и стандартизация настойки гомеопатической матричной из свежих клубней топинамбура. *Современные аспекты использования растительного сырья и сырья природного происхождения в медицине*. Москва, 2015. С. 56-62.
4. Новикова Л.Ю., Киру С.Д., Рогозина Е.В. Проявление хозяйственно ценных признаков у сортов картофеля (*Solanum L.*) при изменении климата на европейской территории России. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(1):75-83. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.75rus> <https://elibrary.ru/yfqfdv>
5. Менохов М.С., Стрельцова Т.А. Экологическая изменчивость продуктивности картофеля в Горном Алтае. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2008;8(188):29-35. <https://elibrary.ru/jubrjd>
6. Партоев К., Сайдалиев Н.Х., Ясинов Ш.М., Садриддинов С. Корреляционная связь между признаками топинамбура. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015;6(56):36-37. <https://elibrary.ru/vdonxf>
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 368 с.
8. Liava V., Karkanis A., Danalatos N., Tsiropoulos N. Cultivation Practices, Adaptability and Phytochemical Composition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*): A Weed with Economic Value. *Agronomy*. 2021;11(11):914. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050914>
9. Партоев К., Сайдалиев Н., Ахмедов Х.М. О продуктивности топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) в условиях Таджикистана. *Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук*. 2015;3(45):8-11. <https://elibrary.ru/weajbd>
10. Партоев К., Сайдалиев Н., Рахимов А. Урожайность топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) в условиях Гиссарской и Раштской долин Таджикистана. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Алматы, 2013. С. 437-440.
11. Sawicka B., Daniłchenko H., Jariene E., Skiba D., Rachoń L., Barbaś P., Pszczółkowski P. Nutritional Value of Jerusalem Artichoke Tubers (*Helianthus tuberosus L.*) Grown in Organic System under Lithuanian and Polish Conditions. *Agriculture*. 2021;11(5):440. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050440>
12. Stachowiak B., Nowak J., Górna B., Szambelan K. Topinambur – roślina o szerokim zastosowaniu. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*. 2023;112(2):54-67.
13. Sawicka B. Wartość pastewna słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus L.*) w warunkach nawożenia azotem. *Ann. Univ. Mariae Curie – Skłodowska. Sect. E*. 1998;(53):97-108.
14. McLaurin W.J., Somda Z.C., Kays S.J. Jerusalem artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assessment of plant part development and dry matter acquisition and allocation. *Journal of Plant Nutrition*. 1999;22(8):1303-1313. <https://doi.org/10.1080/01904169909365714>
15. Swanton C.J., Hamill A.S. Jerusalem artichoke. Ontario Ministry of agriculture food and rural affairs, Factsheets, AgDex 642: 94-077. 1994.
16. Voltolina G. Valutazione di specie diverse per la produzione di fruttosio ed inulina. *Inform. Agr. Verona*, 1994;50(33):25-32.

• References

1. Shazzo R.I., Kaishev V.G., Gish R.A., Yekutech R.I., Kornena E.P., Kaishev V.G. Jerusalem Artichoke: biology, agrotechnics of cultivation, place in the ecosystem, processing technologies (yesterday, today, tomorrow). Krasnodar, 2013. 184 p. ISBN 978-5-91718-262-9. <https://elibrary.ru/tjnxwd>
2. Safarzoda R.S., Khalifaev D.R., Popov D.M., Sharapov F.S. Amino acid composition of grass Jerusalem artichoke cultivated in Tajikistan. *Drug development & registration*. 2014;3(8):136-138. <https://elibrary.ru/tcwfwj>
3. Khalifaev D.R., Popov D.M. Receiving and standardization of tincture of homeopathic matrix from fresh tubers of Jerusalem artichoke. Modern aspects of the use of plant raw materials and raw materials of natural origin in medicine. Moscow, 2015. P.56-62.
4. Novikova L.Yu., Kiru S.D., Rogozina E.V. Valuable traits of potato (*Solanum L.*) varieties as influenced by climate change in European Russia. *Agricultural biology*. 2017;52(1):75-83. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.75rus> <https://elibrary.ru/yfqfdv>
5. Menokhov M.S., Streltsova T.A. Ecological variability of potato productivity in Gorny Altai. *Siberian herald of agricultural science*. 2008;8(188):29-35. <https://elibrary.ru/jubrjd>
6. Partoev K.P., Saidaliev N.Kh., Yasinov Sh.M., Sadriddinov S. Correlation between the characteristics of Jerusalem artichoke. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2015;6(56):36-37. <https://elibrary.ru/vdonxf>
7. Dospekhov B.A. Technique of field experiment / B.A. Dospekhov // M.: 1985. - 368 p.
8. Liava, V.; Karkanis, A.; Danalatos, N.; Tsiropoulos, N. Cultivation Practices, Adaptability and Phytochemical Composition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*): A Weed with Economic Value. *Agronomy* 2021, 11, 914. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050914>
9. Partoev K., Saidaliev N., Akhmedov H.M. About productivity of topinambour (*Helianthus tuberosus L.*) in the condition of Tajikistan. *Reports of the Tajik Academy of Agricultural Sciences*. 2015;3(45):8-11. <https://elibrary.ru/weajbd>
10. Partoev K., Saydaliev N., Rakhimov A. Productivity of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) in the conditions of the Gissar and Rasht valleys of Tajikistan. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. Almaty-2013. P. 437-440.
11. Sawicka B., Daniłchenko H., Jariene E., Skiba D., Rachoń L., Barbaś P., Pszczółkowski P. Nutritional Value of Jerusalem Artichoke Tubers (*Helianthus tuberosus L.*) Grown in Organic System under Lithuanian and Polish Conditions. *Agriculture*. 2021;11(5):440. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050440>
12. Stachowiak B., Nowak J., Górna B., Szambelan K. Topinambur – roślina o szerokim zastosowaniu. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*. 2023;112(2):54-67.
13. Sawicka B. Wartość pastewna słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus L.*) w warunkach nawożenia azotem. *Ann. Univ. Mariae Curie – Skłodowska. Sect. E*. 1998;(53):97-108.
14. McLaurin W.J., Somda Z.C., Kays S.J. Jerusalem artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assessment of plant part development and dry matter acquisition and allocation. *Journal of Plant Nutrition*. 1999;22(8):1303-1313. <https://doi.org/10.1080/01904169909365714>
15. Swanton C.J., Hamill A.S. Jerusalem artichoke. Ontario Ministry of agriculture food and rural affairs, Factsheets, AgDex 642: 94-077. 1994.
16. Voltolina G. Valutazione di specie diverse per la produzione di fruttosio ed inulina. *Inform. Agr. Verona*, 1994;50(33):25-32.

Об авторах:

Курбонали Партоев – доктор сельскохозяйственных наук, SPIN-код: 3569-1238, <https://orcid.org/0000-0001-9320-3023>, автор для переписки, pkurbonali@mail.ru

Сафармади Мирзоали – кандидат биологических наук, safarmadi.mirzoali@mail.ru

Бахтовар Норасович Сатторов – научный сотрудник, SPIN-код: 2518-9459, baca6600@mail.ru

About the Authors:

Kurbonali Partoev – Dr. Sci. (Agriculture), SPIN-code: 3569-1238, <https://orcid.org/0000-0001-9320-3023>, Corresponding Author, pkurbonali@mail.ru

Safarmadi Mirzoali – Cand. Sci. (Biology), safarmadi.mirzoali@mail.ru

Bakhtovar N. Sattorov – Researcher, SPIN-code: 2518-9459, baca6600@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-120-125>
УДК: 635.64:631.527.56

Т.А. Верчик

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

346421, Россия, Ростовская область,
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

*Автор для переписки: vitangold@mail.ru

Вклад автора: Верчик Т.А.: концептуализация, формальный анализ, создание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Верчик Т.А. Опыт применения капельного орошения при выращивании моркови (обзор). *Овощи России*. 2025;(2):120-125.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-120-125>

Поступила в редакцию: 07.11.2024

Принята к печати: 20.01.2025

Опубликована: 15.04.2025

Tatiana A. Verchik

Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems» (FSBSI RosNIIPM)
190, Baklanovsky Ave, Novocherkassk,
Rostov region, Russia, 346421

Correspondence Author: vitangold@mail.ru

Author's Contribution: Verchik T.A.: conceptualization, formal analysis, writing the manuscript and editing it.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interests.

For citation: Verchik T.A. The experience of using drip irrigation for growing carrots (review). *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):120-125. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-120-125>

Received: 07.11.2024

Accepted for publication: 20.01.2025

Published: 15.04.2025

Опыт применения капельного орошения при выращивании моркови (обзор)

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Цель: анализ перспектив применения капельного способа орошения при выращивании моркови и научное обоснование его совершенствования.

Обсуждение. Морковь является овощной культурой, необходимой для здорового питания человека. Орошение – важный аспект сельскохозяйственной отрасли, который влияет на урожайность овощных культур, в том числе и моркови. В современных условиях дефицита водных ресурсов объемы оросительной воды значительно сокращаются, что требует применения водосберегающих способов орошения, одним из которых является капельное. В статье представлен обзор исследовательских работ отечественных и зарубежных ученых по использованию капельного орошения при выращивании моркови.

Выводы. Изучение технологии капельного орошения – актуальное и перспективное направление в развитии сельскохозяйственной отрасли на территории нашей страны, особенно на юге России в условиях засушливого климата и дефицита водных ресурсов. Таким образом, применение капельного орошения очень эффективно при выращивании моркови, когда количество и качество получаемого урожая напрямую зависят от подготовки почвы, своевременного полива и внесения минеральных удобрений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

морковь, почвенно-климатические условия, орошение, капельное орошение, влагообеспеченность, юг России, Волгоградская область

The experience of using drip irrigation for growing carrots (review)

ABSTRACT

Purpose: to analyze the prospects of using the drip irrigation method for carrot growing and the scientific justification for its improvement.

Discussion. Carrots are a vegetable crop necessary for a healthy human diet. Irrigation is an important aspect of the agricultural sector, which affects the yield of vegetable crops, including carrots. In modern conditions of water scarcity, the volume of irrigation water is significantly reduced, which requires the use of water-saving irrigation methods, one of which is drip irrigation. The article presents an overview of the research works of domestic and foreign scientists on the use of drip irrigation in carrot cultivation.

Conclusions. The study of drip irrigation technology is an urgent and promising direction in the development of agricultural industry in our country, especially in the south of Russia in conditions of arid climate and water scarcity. Thus, the use of drip irrigation is very effective in growing carrots, when the quantity and quality of the resulting crop directly depend on soil preparation, timely watering and application of mineral fertilizers.

KEYWORDS:

carrots, weather and climatic conditions, irrigation, drip irrigation, moisture supply, south of Russia, Volgograd region

Введение

Морковь – овощная культура, необходимая для здорового питания человека и широко используемая в любом виде. Морковь является одним из любимых и востребованных овощей, входящих в так называемый борщевой набор, по потреблению уступает только картофелю и луку. Корнеплоды моркови содержат витамины, клетчатку, каротиноиды, сахара и минеральные вещества [1, 2].

Несмотря на то, что в последнее время овощеводство в Российской Федерации активно развивается, значительная доля потребности населения в овощах все еще удовлетворяется за счет импорта, поэтому, чтобы отечественная овощная продукция была конкурентоспособной, необходимо существенно повысить ее урожайность и качество, снизить затраты на производство [3].

Морковь выращивают не только в Российской Федерации, корнеплод культивируют и потребляют почти во всем мире, а также в разных почвенно-климатических условиях. Лидерами по объемам выращиваемой моркови, по данным ФАО, являются такие страны, как Китай, США, Узбекистан. Китай вместе с Узбекистаном производит 50 % мирового объема моркови. В России же выращивается не более 1–1,5 млн т корнеплодов. Среднестатистическая урожайность моркови в стране крайне низкая, находится на уровне 22–24 т/га [2, 4, 5].

По данным Росстата, в 2023 г. овощей открытого грунта было высажено 476 тыс. га, а в 2022-м – 482 тыс. га, из которых площади возделывания моркови составляли более 23 тыс. га. Так, несмотря на то, что Ростовская область находится на юге страны, территориально наиболее благоприятном для выращивания моркови регионе, она не входит в число лидеров по производству моркови, однако почвенно-климатические условия позволяют получать урожаи моркови с высоким качеством при условии правильно подобранной технологии возделывания культуры [1, 6, 7].

Морковь – это культура умеренного климата, хорошо переносящая низкие температуры, но вместе с тем требующая особых условий выращивания. Возделывание моркови так же, как и многих других корнеплодов, требует специфических методов и подходов. Например, правильное сочетание водного и питательного режимов – это важные составляющие для получения хорошего урожая, что подтверждается исследованиями [4, 8].

Цель – анализ перспектив применения капельного способа орошения при выращивании моркови и научное обоснование его совершенствования.

Обсуждение. Орошение – важный аспект сельскохозяйственной отрасли. Вопросами орошения занимаются многие ученые и исследовательские институты не только России, но и всего мира. Орошение играет важную роль при выращивании любой культуры, в том числе и моркови. Например, в США орошается более двух третей полей, а в штате Калифорния, где под овощами поливают 99 % площадей, орошение является наиболее актуальным [9].

Капельный полив является самым перспективным с точки зрения рационального расходования поливной воды, точности, равномерности ее подачи, малых потерь, защиты структуры почвы и вегетативной системы растений, а также нечувствительности к ветровому воздействию. При использовании капельного орошения вода поступает прямо к корням и на 95 % используется орошаемыми культурами [10].

Так, во многих странах мира при орошении овощных культур в целях экономии воды используют локальный способ полива – капельное орошение. Применение капельного оро-

шения доказало, что у него есть такие преимущества, как снижение трудовых, энергетических и ресурсных затрат. Также капельное орошение используется на землях, непригодных для орошения другими способами, например, на землях с высоким залеганием грунтовых вод. По сравнению с другими способами полива, при капельном орошении почва не переувлажняется, тем самым сохраняя структуру, что обеспечивает интенсивное дыхание корней на протяжении всего цикла роста и развития, при этом листья растений не увлажняются, что снижает вероятность распространения болезней [11, 12].

Применение такой экологически безопасной технологии полива как капельное орошение позволяет регулировать подачу воды в зависимости от потребностей самих растений. Система капельного орошения, состоящая из мастерблоков и переключателей, соединяется с помощью трубопроводной сети с вмонтированными в нее капельницами, через которые по трубопроводам к каждому растению порционно подается вода, снижая поливные и оросительные нормы, и тем самым, поддерживая оптимальную влажность в течение всего вегетационного периода, что обеспечивает лучшее развитие корневой системы [10–14].

Многие регионы отличаются сложными климатическими условиями и разнообразными агротехническими приемами производства моркови, для которых требуются новые адаптированные к данным условиям сорта [15].

Например, в Бразилии, где климатические условия благоприятны для выращивания моркови, которая считается овощем с высокой экономической ценностью, для достижения максимальной урожайности которого следует применять орошение, ученые пришли к выводу, что сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на различную глубину орошения, поэтому использование воды должно быть рациональным, особенно в условиях продолжительного сухого сезона [16, 17].

Даже в Калифорнии, где выращивают 60 % моркови, корнеплод является одним из основных продуктов питания. Так, в низменной пустыне средняя площадь посевов моркови за последнее десятилетие составила почти 8500 га. Соответствующее плодородие и равномерная водообеспеченность почвы имеют решающее значение для хорошего образования корнеплодов моркови [8, 9].

У моркови есть два критических периода по влагообеспеченности: первый – от посева до появления всходов, второй – от формирования листьев до интенсивного корнеобразования. При недостатке влаги корнеплоды моркови становятся грубыми и деревянистыми, приобретают горьковатый привкус, теряют сухие вещества, также замедляется рост растений, уменьшается время их хранения. Резкий переход от сухости почвы к обильному увлажнению приводит к нарастанию корнеплодов изнутри, что становится причиной огрубления и растрескивания. В сухую погоду недельная поливная норма составляет 100 м³/га. При избыточном увлажнении у растений моркови сильно разрастается ботва, а рост корнеплодов замедляется. Также чрезмерный полив увеличивает количество волосатых корней, препятствует хорошему формированию цвета и может способствовать заболеваемости. Длительное переувлажнение корнеплодов моркови приводит к поражению их различными заболеваниями. Так, для нормального роста и развития корнеплодов необходимо поддерживать оптимальную влажность почвы не только в критические моменты водопотребления, но и в течение всего вегетационного периода. Поэтому для того, чтобы растения нормально развивались, необходимо бесперебойное снабжение

их водой, что обеспечивается правильным поливным режимом при орошении [18, 19].

В России морковь выращивают практически во всех регионах, при этом большая часть производимых корнеплодов приходится на Южный федеральный округ, где моркови производится в 2,2 раза больше, чем потребляется [20]. Овощеводство открытого грунта сосредоточено в степной, сухостепной и полупустынной зонах юга России, отличающихся частыми засухами и суховеями, высокой температурой воздуха, дефицитом влаги, поэтому в последнее время остро стоит вопрос об экономии водных ресурсов. Для моркови же больше подходят продуваемые ветром ровные участки с супесчаными, суглинистыми, торфяными почвами, не склонными к образованию корки. Корнеплоды моркови плохо переносят жару и засуху, поэтому эта культура требует регулярного орошения [4, 18].

Морковь выращивают на легких почвах и даже на суглинках, но лучшими для нее являются супеси и почвы, богатые перегноем. Поливы на легких почвах проводят чаще, но небольшими дозами, а на суглинках – реже, увеличивая поливные нормы [21, 22].

В России лидером по объемам производства моркови является Волгоградская область. Это южный регион России, в котором, несмотря на не самые благоприятные природно-климатические условия, можно выращивать морковь и получать высокие урожаи. Так, возрастающий дефицит пресной воды требует проведения мероприятий по рациональному использованию оросительной воды, ресурсосберегающих технологий и способов полива, снижающих расход воды. По результатам проведенных исследований А. С. Овчинников и С. А. Лисиченко установили, что при капельном орошении урожайность моркови при условии рационального использования воды значительно возросла благодаря улучшению режима орошения и уровня минеральных удобрений [23].

В связи с возрастающим дефицитом водных и энергетических ресурсов в орошаемом овощеводстве Волгоградской области встает проблема выбора экологически безопасных технологий и технических средств полива, каким является капельное орошение, позволяющее, по мнению А. А. Мартыновой, поддерживать в почве благоприятный водно-воздушный режим без поверхностного и глубинного сброса оросительной воды. Результаты исследований, проведенных А. А. Мартыновой, показали, что наибольшее влияние на режим капельного орошения моркови оказывают параметры водного режима почвы. Так, например, наименьшие значения суммарного водопотребления моркови 4870–5390 м³/га формировались на участках, где от посева семян моркови до всходов поддерживался предполивной порог влажности почвы на уровне 70 % НВ, от всходов до начала технической спелости – 80 % НВ, от начала технической спелости до уборки – 70 % НВ. Наибольший расход влаги растениями моркови наблюдался в варианте 70–90–80 % НВ и составил 5190–5720 м³/га. А. А. Мартынова заметила, что успех выращивания моркови в значительной степени обусловлен тремя ключевыми факторами: подготовка почвы, своевременный полив и внесение минеральных удобрений [24, 25].

По результатам проведенных исследований Ю. Ю. Лемякин пришел к выводу, что при длительном отсутствии воздушной засухи капельное орошение гарантирует максимальную урожайность моркови при поддержании дифференцированного уровня предполивной влажности (70–80 % НВ) [26].

Результаты некоторых исследований доказали, что применение капельного орошения очень эффективно при интенсивных технологиях выращивания, когда размер и качество получаемого урожая напрямую зависят от точности поддержания влажности почвы и режима питания растений. Большинство исследователей полагают, что необходимо учитывать слабое развитие корневой системы моркови в начальные периоды роста и развития. При капельном способе орошения расстояние между капельными водовыпусками должно быть 0,3 м и расход 1,6 л/ч, что обеспечивает поддержание влажности почвы на уровне 80 % НВ [26, 27].

В современных условиях исследования ученых Волгоградской области подтверждают, что урожайность овощных культур зависит от агротехники и оптимального режима орошения. Морковь относится к культурам, которые отрицательно реагируют как на переувлажнение, так и на пересыхание почвы, поэтому на посевах перспективно применение капельного орошения, так как данный способ орошения предусматривает затраты оросительной воды [28, 29].

Так, проведенные волгоградскими учеными исследования показали, что на светло-каштановых почвах водосберегающая технология полива моркови реализуется при поддержании постоянного предполивного порога влажности почвы 80 % НВ в слое 0,5 м и повышение доз внесения минеральных удобрений до N₂₁₀P₁₀₀K₂₆₀, что позволило получить наиболее высокую в полевом опыте урожайность моркови – 81,6 т/га [28].

По результатам исследований С. В. Брыль [30] пришел к выводу, что для светло-каштановых почв степной зоны оптимальной дозой удобрений является N₁₅₀P₁₂₀K₉₀ в различные по влагообеспеченности годы, но режим орошения различен: для острозасушливого года 85–85–85 % от НВ, а для влажного 80–70–70 % от НВ. Урожайность при этом во влажный год снизилась на 8,4 т/га. Такая же зависимость характерна и для дерновых почв лесной зоны: оптимальной дозой внесения минеральных удобрений является N₁₀₀P₁₀₀K₁₈₅, а оптимальный режим орошения в разные годы различен. С. В. Брыль установил, что на урожайность моркови сильно влияет низкая температура воздуха и влагообеспеченность в период появления всходов растений, в остальные фазы моркови наименее требовательна к гидрометеорологическим условиям [30].

Таким образом, результаты опытов показали, что реализовать водосберегающие режимы можно только на основе комплексной информации об агрометеорологической и гидрогеологической обстановке. При этом необходимо учитывать биологические особенности возделываемых культур, изменчивость гидрометеорологических условий, взаимодействия внешних и внутренних факторов, определяющих водный режим, суммарное испарение и урожайность посевов [30].

А. И. Беляевым и др. [31] были проведены исследования в зоне каштановых почв, наиболее распространенных на территории Волго-Донского междуречья, результаты которых показали, что более урожайными гибридами моркови являются Ред Кор и Санта Круз. Высокую урожайность при капельном поливе этим гибридам обеспечивает технология выращивания, в рамках которой устанавливается дифференцированный режим увлажнения (порог увлажнения 70–80–70 % НВ) [31].

Разработка научных основ высокоэффективного экологически рационального использования и развития капельного орошения в Волго-Донском междуречье является одной из наиболее приоритетных проблем, которая позволяет повы-

суть урожайность поливного гектара на базе освоения водосберегающих технологий орошения моркови. Так, ученые обратили внимание, что значение диаметра корнеплода и его длины зависело от складывающихся метеорологических условий года проведения исследований, поддержания оптимального режима увлажнения и применения минеральных удобрений, листовых подкормок. Эти показатели повлияли на формирование продуктивности корнеплодов моркови. Благоприятные условия позволяли получать полноценные стандартные корнеплоды [32].

Астраханская область – еще один из регионов, условия которого позволяют возделывать морковь в открытом грунте, но возделывание которой здесь возможно только при орошении, несмотря на то, что область не отличается высокими производственными показателями посевов моркови. Астраханская область – зона рискованного земледелия из-за недостаточного увлажнения, повышенного засоления, часто повторяющихся засух, ограниченности орошаемых земель, что приводит к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур и объема производства продукции. Размер и качество получаемого урожая напрямую зависит от точности поддержания влажности почвы [33].

Природно-климатические условия Ростовской области являются благоприятными для получения раннего урожая моркови в сравнении с другими регионами России, но только при достаточной влагообеспеченности [19].

В засушливых условиях Ростовской области при поливе моркови капельным способом необходимо правильно построить работу систем капельного орошения для того, чтобы в течение всего вегетационного периода обеспечивалась подача воды для поддержания необходимого уровня влажности почвы.

В последние годы некоторые ученые предлагают идеи о целесообразности дифференцированного водообеспечения моркови в разные периоды роста и развития культуры. Так, в первые после всходов фазы роста и развития культуры поддержание умеренного поливного режима обеспечивает экономии оросительной воды [22].

Исследования отечественных и зарубежных ученых подтверждают возможность применения капельного способа орошения при интенсивных технологиях выращивания овощных культур, прежде всего, моркови, которая предъявляет особые требования к водному режиму как в начальные периоды роста, так и в течение всего периода вегетации, в связи с чем необходимо разработать программу управления водным режимом почвы и питания для конкретных условий [34].

Н. Н. Дубенок, Р. В. Калиниченко, Р. И. Шумакова [35] приходят к выводу, что повышению эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, включая морковь, должна способствовать высокая культура земледелия, которая предусматривает оптимальные режимы капельного орошения. Авторы предлагают решение таких задач, как улучшение организации производства, увеличение периода эксплуатации оборудования, что поможет создать предпосылки для быстрой окупаемости и широкого внедрения систем капельного орошения на полях [35].

Полив капельным способом является ресурсосберегающим, позволяя сократить количество используемой оросительной воды и повысить эффективность полива. Данный метод обуславливается гибкостью регулирования выдачи поливной нормы в зависимости от биологических особенностей культуры, возможностью поддержания влажности почвы

в узко заданном оптимальном диапазоне. Для моркови, которая является относительно засухоустойчивой культурой и предъявляет особые требования к влажности почвы в периоды прорастания семени, такой способ полива наиболее оптимален [36].

Исследования зарубежных и отечественных ученых подтверждают то, что применение капельного способа орошения при выращивании моркови и совершенствование его технологии является перспективным и научно обоснованным, то есть соответствующим требованиям рационального водопользования для повышения урожайности в любых почвенно-климатических условиях. Следовательно, необходимо предпринимать адаптационные действия, включая орошение, значение которых возрастает с усилением неблагоприятных климатических изменений [27, 37].

Таким образом, технология возделывания моркови при капельном орошении требует более тщательного планирования, так как высокая стоимость комплектующих частей системы капельного орошения, необходимость утилизации большого количества отходов, засорение капельниц является затратным [12]. Несмотря на это, использование капельного орошения способно значительно повысить урожайность любой культуры, в том числе и моркови.

Так, при капельном орошении на протяжении всего вегетационного периода поддерживается оптимальная влажность, благоприятно влияющая на рост и развитие растений, что способствует повышению урожайности. Режимы капельного увлажнения, а также минеральное питание, новейшие сорта и гибриды моркови обеспечивают дополнительные благоприятные факторы для стабильного прохождения этапов фотосинтеза, повышая не только продуктивность отдельно взятого растения, но и продуктивного поливного гектара пашни в целом [38, 39].

Правильное применение способов полива и расчетных поливных норм для конкретной культуры позволяет исключить большие потери элементов питания по причине их вымывания чрезмерными поливными нормами из зоны расположения корневой системы и поддерживать необходимый уровень влажности почвы во время засушливых периодов. Для моркови, возделываемой как на ровной поверхности, так и на гребнях (грядках), рекомендуется применять капельное орошение, дающее возможность экономить воду, которая при капельном орошении должна быть более высокой степени очистки, также при этом типе орошения необходимо соблюдать особенности обработки почвы. Например, овощеводство Республики Дагестан в основном сосредоточено на орошаемых землях, но продуктивность многих овощных культур из-за несовершенства приемов их возделывания остается на низком уровне [40, 41].

Выводы. Изучение технологии капельного орошения – актуальное и перспективное направление в развитии сельскохозяйственной отрасли на территории нашей страны, особенно на юге России в условиях засушливого климата и дефицита водных ресурсов.

Таким образом, применение капельного орошения очень эффективно при выращивании моркови, когда количество и качество получаемого урожая напрямую зависят от подготовки почвы, своевременного полива и внесения минеральных удобрений.

Широкое внедрение систем капельного орошения на полях позволит получать высокие урожаи при условии улучшения организации производства и увеличения периода эксплуатации оборудования.

• Литература

1. Как получить максимальную прибыль от моркови [Электронный ресурс]. URL: <https://direct.farm/post/kak-poluchit-maksimalnuyu-pribyl-ot-morkovi-23816?ysclid=ls9ezjybgv95145826>.
2. Ragályi P., Takács T., Füzy A., Uzingi N., Dobosy P., Záray G., Szűcs-Vásárhelyi N., Rékási M. Effect of Se-enriched irrigation water and soil texture on biomass production and elemental composition of green pea and carrot and their contribution to human Se intake. *Agriculture*. 2022;12(4):496. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040496>
3. Пронько Н.А., Корсаков К.В., Пронько В.В., Степанченко Д.А. Применение хелатных удобрений на орошаемых овощных культурах в Саратовском Заволжье. *Аграрный научный журнал*. 2021;(5):41-45. <https://doi.org/28983/asj.y2021i5pp41-45> <https://www.elibrary.ru/lvzznz>
4. Юсупова Л.А. Результаты сортоиспытания нового сорта моркови столовой в условиях Ростовской области. *Овощи России*. 2021;(5):27-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-27-31>
5. Бабичев А.Н., Гурина И.В. Орошение моркови: проблемы и перспективы. *Мелиорация и гидротехника*. 2021;11(3):123–139. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-123-139> <https://www.elibrary.ru/eipjyiv>
6. Мартынова А.А., Шумакова Р.И. Капельное орошение столовой моркови на грядах // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях. Материалы международной научно-практической конференции. Тверь, 2020. С. 133–140. <https://www.elibrary.ru/sewswl>
7. Верчик Т.А., Ольгаренко В.И. Принципы выбора сортов моркови для высокопродуктивного сельскохозяйственного производства на юге России. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2023;2(90):98–105.
8. Коротких А.А. Американская модель плодородного хозяйства. *США и Канада: экономика, политика, культура*. 2018;10(586):84–100. <https://doi.org/10.31857/S032120680001077-8> <https://www.elibrary.ru/ylfmxr>
9. Montazar A., Geisseler D., Cahn M. Spatial variability of nitrogen uptake and net removal and actual evapotranspiration in the California desert carrot production system. *Agriculture*. 2021;(11):1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080752>
10. Кляусова Ю.В. Капельный полив как элемент ресурсосберегающей технологии в сельскохозяйственном производстве. Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сб. науч. тр. по материалам Международ. науч. эколог. конф., посвященной Году науки и технологий. Краснодар, 2021. С. 222-224. <https://www.elibrary.ru/gbzkwv>
11. Балакай Г.Т., Воеводина Л.А., Снопич Ю.Ф., Бабичев А.Н., Кулыгин В.А., Балакай Н.И., Евтухов М.А., Латария Д.Б., Погоров Т.А., Сухарев Д.В., Бабичева Е.А., Туликин Н.И., Кропкин Е.А., Фиошин А.Б. Безопасные системы и технологии капельного орошения. М.: Мелиоводинформ, 2010. 52 с. <https://elibrary.ru/zbxvth>
12. Удовенко А.И. Капельное орошение и фертигация – основные элементы интенсивной технологии производства моркови. URL: <https://yug-poliv.ru/ovoschi-2/kapelnoe-oroshenie-i-fertigaciya-osn/?ysclid=fl2mld876n447976183>
13. Щедрин В.Н., Штанько А.С., Шкура В.Н. Самонапорные системы капельного орошения. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 236 с. <https://elibrary.ru/uwmhie>
14. Бабичев А.Н., Рубцов А.А., Бабенко А.А. Дифференцированное капельное орошение на посевах моркови. Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения: материалы конф. Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. 2021;4(84):100-105. <https://elibrary.ru/btawvb>
15. Rolling W.R., Senalik D., Iorizzo M., Ellison S., Van Deynze A., Simon P.W. CarrotOmics: a genetics and comparative genomics database for carrot (*Daucus carota*). *Database*. 2022;(2022):baac079/ <https://doi.org/10.1093/database/baac079>
16. de Carvalhol D.F. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. *Crop production*. 2016;(46):1145–1150. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150363>
17. da Silva J.C. The combination of irrigation and fertilizer increases yield and economic profit in carrot production. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*. 2021;(25):807–812. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p807-812>
18. Биггс Т. Овощные культуры. М.: МПР, 1990. С. 122–123.
19. Бабичев А.Н., Бабенко А.А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020;4(40):182-204. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-4-182-204> <https://elibrary.ru/suvjnr>
20. Жукова Ю.С., Маринина А.Ю. Перспективы расширения производства овощей открытого грунта на территории Кировской области на примере моркови. *Вестник Вятского ГАУ*. 2023;2(16):13. <https://elibrary.ru/fijhls>
21. Брежнев Д.Д. Овощеводство в США. М., 1961. С. 88–90.
22. Ахмедов А.Д., Джамалетдинова Е.Э., Засимов А.Е. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2018;1(49):161-167. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-161-167> <https://elibrary.ru/yzkgwd>
23. Овчинников А.С., Лисиченко С.А. Влияние способов обработки и водного режима почвы на урожайность моркови при капельном орошении. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2014;3(35):36-42. <https://elibrary.ru/qtmqis>
24. Мартынова А.А. Орошение и удобрение моркови [Электронный ресурс] // Плодородие. 2009;(4):36-37. <https://elibrary.ru/kyvstr>
25. Мартынова А.А. Подготовка почвы, капельное орошение и минеральное питание перспективных гибридов моркови. Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б.А. Шумакова, в 2-х частях. 2019. С. 93–97. <https://elibrary.ru/monmjz>
26. Ахмедов А.Д., Григоров С.М. Влияние режима орошения и минерального питания на урожайность овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;(3):161-164. <https://elibrary.ru/yggfnt>
27. Бородин В.В., Мартынова А.А. Водопотребление и продуктивность моркови при капельном орошении. *Агро XXI*. 2010;(7-9):34-35.
28. Ахмедов А.Д., Джамалетдинова Е.Э. Особенности водосберегающей технологии полива овощных культур на юге России. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019;4(36):17-30. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-4-17-30> <https://elibrary.ru/gaqatp>
29. Ахмедов А.Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2018;4(52):36-42. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-4> <https://elibrary.ru/yxtvul>
30. Брыль С.В. Режимы орошения и минерального питания при выращивании моркови. *Экология и строительство*. 2015;(4):18–21. <https://elibrary.ru/vjsxoj>
31. Беляев А.И., Петров Н.Ю., Аксенов М.П., Петров Ю.Н., Зволинский С.В. Пути увеличения урожайности моркови столовой в Волго-Донском междуречье. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023;3(101):60–65. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-60-65> <https://elibrary.ru/yvhykrq>
32. Петров Н.Ю., Калмыкова Е.В., Аксенов М.П., Зволинский С.В. Влияние агротехнических приемов на структуру урожая столовой моркови в Волго-Донском междуречье. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022;1(65):71–78. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-01-06> <https://elibrary.ru/qdeccp>
33. Зайцева Н.А., Туманян А.Ф., Селиверстова А.П. Агроэкологическое изучение сортов моркови столовой из коллекции ВИР. *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Агрономия и животноводство*. 2020;15(3):253–262. <https://doi.org/10.22363/2312-797X.2020-15-3-253-262> <https://elibrary.ru/owghxt>
34. Дубенок Н.Н., Шумакова Р.И., Мартынова А.А. Совершенствование технологии выращивания столовой моркови при капельном орошении на грядах. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020;4(60):27–39. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-04-02> <https://elibrary.ru/wjgbgh>
35. Дубенок Н.Н., Калинин Р.В., Шумакова Р.И. Технология возделывания культуры моркови посевной на капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья. Наука и технологии XXI века: тренды и перспективы. Сборник статей по итогам IV Профессорского форума. В 2 т. М., 2021. С. 140–147. <https://elibrary.ru/eokvos>
36. Дубенок Н.Н., Пенькова Р.И. Факторы эффективного использования водных ресурсов при капельном орошении моркови в условиях Нижнего Поволжья. *Природообустройство*. 2023;(3):23–30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-3-23-30> <https://elibrary.ru/higaas>
37. Jagosz B. [et al.] Effect of sprinkler irrigation on yield increasing of carrot roots obtained in cultivation on light soil in different regions of Poland. *Engineering for rural development*. Jelgava, 22-24.05.2019. P. 1135–1139. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N117>
38. Пульников К.В., Касторнова М.Г. Возделывание сельскохозяйственных культур при капельном орошении. Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сб. тр. LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2023. Ч. 4. С. 32–35. <https://elibrary.ru/uwuiely>
39. Беляев А.И., Петров Н.Ю., Пугачева А.М., Петров Ю.Н., Аксенов М.П. Влияние адаптивной технологии выращивания столовой моркови в Волго-Донском междуречье. *Аграрный научный журнал*. 2022;(9):8-12. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp8-12>
40. Меньших А.М. Сравнительная эффективность капельного орошения и дождевания при выращивании овощных культур в Подмоскowie. *Орошаемое земледелие*. 2020;(1):42–45. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-1-9> <https://elibrary.ru/cwxuui>
41. Курбанов С.А., Магомедова Д.С., Курбанова Л.Г. Особенности роста и развития моркови при различных сроках посева в условиях равнинного Дагестана. *Овощи России*. 2017;(1):55-58. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-1-55-58> <https://elibrary.ru/vzciec>

• References

1. How to get the maximum profit from carrots. *Direct.farm* [Direct.farm], available: <https://direct.farm/post/kak-poluchit-maksimalnuyu-pribyl-ot-morkovi-23816?ysclid=ls9ezjybgv95145826>

- 23816?ysclid=ls9ezjybgv95145826. (In Russ.).
2. Ragályi P., Takács T., Füzy A., Uzinger N., Dobosy P., Záray G., Szűcs-Vásárhelyi N., Rékási M. Effect of Se-enriched irrigation water and soil texture on biomass production and elemental composition of green pea and carrot and their contribution to human Se intake. *Agriculture*. 2022;12(4):496. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040496>
 3. Pronko N.A., Korsakov K.V., Pronko V.V., Stepanchenko D.A. Application of chelated fertilizers on irrigated vegetable crops in the Saratov Zavolzhye. *The agrarian scientific journal*. 2021;5(5):41-45. <https://doi.org/28983/asj.y2021i5pp41-45> <https://www.elibrary.ru/lvzznz> (In Russ.)
 4. Yusupova L.A. Results of testing the new variety of carrots in the conditions of the Rostov region. Vegetable crops of Russia. 2021;5(5):27-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-27-31> (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/akgsmh>
 5. Babichev A.N., Gurina I.V. Carrot irrigation: problems and prospects. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2021;11(3):123-139. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-123-139> <https://www.elibrary.ru/eipjiv> (In Russ.)
 6. Martynova A.A., Shumakova R.I. Current state, priority tasks and prospects for the development of agricultural science on reclaimed lands. Materials of the international scientific and practical conference. Tver, 2020. P. 133-140. <https://www.elibrary.ru/sewawl> (In Russ.)
 7. Verchik T.A., Olgarenko V.I. Principles of choosing carrot varieties for highly productive agricultural production in the south of Russia. *Ways to Increase the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;2(90):98-105. (In Russ.).
 8. Korotkih A.A. *The american model of the fruit and vegetable industry. USA & Canada: economics, polinics, culture*. 2018;10(586):84-100. <https://doi.org/10.31857/S032120680001077-8> <https://www.elibrary.ru/yfmxr> (In Russ.).
 9. Montazar A., Geisseler D., Cahn M. Spatial variability of nitrogen uptake and net removal and actual evapotranspiration in the California desert carrot production system. *Agriculture*. 2021;11(1):1-22. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080752>
 10. Klyausova Yu.V. Drip irrigation as an element of resource-saving technology in agricultural production. Problems of transformation of natural landscapes as a result of anthropogenic activity and ways to solve them: collection of scientific papers based on the materials of the International scientific ecologist conference dedicated to the Year of Science and Technology. Krasnodar, 2021. P. 222-224. <https://www.elibrary.ru/gbzkpw> (In Russ.).
 11. Balakai G.T., et al. Safe systems and technologies of drip irrigation. M.: Meliovodinform, 2010. 52 p. <https://elibrary.ru/ztvth> (In Russ.)
 12. Udovenko A.I. Drip irrigation and fertigation – the main elements of intensive carrot production technology. <https://yug-poliv.ru/ovoschi-2/kapelnoe-oroshenie-i-fertigaciya-osn/?ysclid=lt2mld876n447976183> (In Russ.)
 13. Shchedrin V.N., Shtanko A.S., Shkura V.N. Self-pressure system of drop irrigation. Novocherkassk: RosNIIPM, 2018. 236 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/uwmhie>
 14. Babichev A.N., Rubtsov A.A., Babenko A.A. Differentiated drip irrigation on carrot crops. Modern problems of the reclamation and water management complex and ways to solve them: materials of the conference. All-Russian (national) Scientific and Practical Conference 2021;4(84):100-105. [https://elibrary.ru/btawvb2021;4\(84\):100-105](https://elibrary.ru/btawvb2021;4(84):100-105). <https://elibrary.ru/btawvb> (In Russ.)
 15. Rolling W.R., Senalik D., Iorizzo M., Ellison S., Van Deynze A., Simon P.W. CarrotOmics: a genetics and comparative genomics database for carrot (*Daucus carota*). *Database*. 2022;(2022):baac079/ <https://doi.org/10.1093/database/baac079>
 16. de Carvalho D.F. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. *Crop production*. 2016;146:1145-1150. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150363>
 17. da Silva J.C. The combination of irrigation and fertilizer increases yield and economic profit in carrot production. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*. 2021;25(8):807-812. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p807-812>
 18. Biggs T. Vegetable crops. M.: MIR, 1990. P.122-123.
 19. Babichev A.N., Babenko A.A. Analysis of using differentiated approach when irrigating agricultural crops. *Scientific journal of russian scientific research institute of land improvement problems*. 2020;4(40):182-204. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-4-182-204> <https://elibrary.ru/suvjnr> (In Russ.)
 20. Zhukova Yu.S., Marinina A.Yu. Prospects for expanding the production of open-ground vegetables in Kirov region on the example of carrots. *Bulletin of Vyatka State Agrarian University*. 2023;2(16):13. <https://elibrary.ru/fijhls> (In Russ.)
 21. Brezhnev D.D. Vegetable growing in the USA. M., 1961. P. 88-90.
 22. Akhmedov A.D., Jamaletdinova E.E., Zasimov A.E. Productivity of vegetable crops in drip irrigation in the conditions of the Volga-Don interfluvium. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2018;1(49):161-167. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-02-161-167> <https://elibrary.ru/yzkgwd> (In Russ.)
 23. Ovchinnikov A.S., Lisichenko S.A. The influence of methods of processing and water treatment of soil on carrot yield during drip irrigation. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2014;3(35):36-42. <https://elibrary.ru/qtmqis> (In Russ.)
 24. Martynova A.A. Irrigation and fertilization of carrots. *Plodородie*. 2009;(4):36-37. <https://elibrary.ru/kyvstr> (In Russ.)
 25. Martynova A.A. Soil preparation, drip irrigation and mineral nutrition of promising carrot hybrids. Melioration and water management: materials of the All-Russian Scientific and Practical conference (Shumakov Readings) with an international study dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician B.A. Shumakov, in 2 parts. 2019. P. 93-97. <https://elibrary.ru/monmjz> (In Russ.)
 26. Akhmedov A.D., Grigorov S.M. The influence of irrigation regime and mineral nutrition on the yield of vegetable crops in the conditions of the Volga-Don interfluvium. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2018;3(3):161-164. <https://elibrary.ru/yggfnt> (In Russ.)
 27. Borodychev V.V., Martynova A.A. Water consumption and productivity of carrots in drip irrigation. *Agro XXI*. 2010;(7-9):34-35. (In Russ.)
 28. Akhmedov A.D., Jamaletdinova E.E. Features of water-saving technology of vegetable crops irrigation in the south of Russia. *Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems*. 2019;4(36):17-30. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-4-17-30> <https://elibrary.ru/gaqatp> (In Russ.)
 29. Akhmedov A.D. Drip irrigation of vegetable crops in conditions of volga-don interfluvium. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2018;4(52):36-42. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-4> <https://elibrary.ru/yxtvul> (In Russ.)
 30. Bryl S.V. *Irrigation regime and mineral nutrition for growing carrots. Ecology and construction*. 2015;(4):18-21. <https://elibrary.ru/vjsoxj> (In Russ.)
 31. Belyaev A.I., Petrov N.YU., Aksenov M.P., Petrov YU.N., Zvolinsky S.V. Ways to increase the yield of table carrots in the Volga-Don interfluvium. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2023;3(101):60-65. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-60-65> <https://elibrary.ru/vykhkrq> (In Russ.)
 32. Petrov N.Yu., Kalmykova E.V., Aksenov M.P., Zvolinskiy S.V. Influence of agro-technical techniques on the structure of the harvest of table carrots in the Volga-Don interfluvium. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;1(65):71-78. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-01-06> <https://elibrary.ru/qdeccp> (In Russ.)
 33. Zaitseva N.A., Tumanyan A.F., Seliverstova A.P. Agroecological study of garden carrot cultivars from collection of Vavilov institute. *RUDN journal of agronomy and animal industries*. 2020;15(3):253-262. <https://doi.org/10.22363/2312-797X.2020-15-3-253-262> <https://elibrary.ru/owghxt> (In Russ.)
 34. Dubenok N.N., Shumakova R.I., Martynova A.A. Improvement of the technology of cultivation of table carrots with drip irrigation. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2020;4(60):27-39. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-04-02> <https://elibrary.ru/wjgbgh> (In Russ.)
 35. Dubenok N.N., Kalinichenko R.V., Shumakova R.I. Technology of cultivation of sowing carrot culture on drip irrigation in the conditions of the Lower Volga Region. Science and technology of the XXI century: trends and prospects]. Collection of articles based on the results of the IV Professional Forum. In 2 volumes. 2021. P. 140-147. <https://elibrary.ru/eokvos> (In Russ.)
 36. Dubenok N.N., Penkova R.I. Factors of efficient use of water resources during drip irrigation of carrots in the conditions of the Lower Volga Region. *Prirodoubojstvo*. 2023;(3):23-30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-3-23-30> <https://elibrary.ru/higaas> (In Russ.)
 37. Jagosz B. [et al.] Effect of sprinkler irrigation on yield increasing of carrot roots obtained in cultivation on light soil in different regions of Poland. *Engineering for rural development*. Jelgava, 22-24.05.2019. P. 1135-1139. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N117>
 38. Pulnikov K.V., Kastornova M.G. Cultivation of agricultural crops with drip irrigation. Achievements of youth science for the agro-industrial complex: proceedings of the LVII scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. Tyumen, 2023. Part 4. P. 32-35. <https://elibrary.ru/uwiely> (In Russ.)
 39. Belyaev A.I., Petrov N.Yu., Pugacheva A.M., Petrov Yu.N., Aksenov M.P. The influence of adaptive technology for growing table carrots in the Volga-Don interfluvium. *The agrarian scientific journal*. 2022;(9):8-12. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp8-12> (In Russ.)
 40. Menshikh A.M. Comparative efficiency of drip irrigation and sprinkler irrigation when growing vegetables in the Moscow region. *Irrigated agriculture*. 2020;(1):42-45. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-1-9> <https://elibrary.ru/cwxuui> (In Russ.)
 41. Kurbanov S.A., Magomedova D.S., Kurbanova L.G. Growing and development particularities in carrot sown in different terms in plain area of Dagestan. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(1):55-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-1-55-58> <https://elibrary.ru/vzciec>

Об авторе:

Татьяна Анатольевна Верчик – аспирант,
SPIN-код: 2861-7804, <https://orcid.org/0009-0001-6700-3826>,
автор для переписки, vitangold@mail.ru

About the Author:

Tatiana A. Verchik – Graduate Student,
SPIN-code: 2861-7804, <https://orcid.org/0009-0001-6700-3826>,
Corresponding Author, vitangold@mail.ru



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