

Овощи России

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

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

2 2024

VEGETABLE
crops of RUSSIA
The journal of science and practical applications in agriculture

90
лет

первому
космонавту
планеты
Земля



С Днем космонавтики!



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



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

Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас принять участие в работе
XI Международной научно-практической конференции
«Современные тенденции в селекции овощных, бахчевых и цветочных культур на устойчи-
вость к биотическим и абиотическим факторам среды»,
которая состоится 15-18 июля 2024 года
на площадке ФГБНУ ФНЦО – базовой организации государств-участников СНГ по повышению
квалификации и переподготовке кадров в области селекции и семеноводства овощных культур
(*Решение экономического совета Содружества Независимых государств от 21 июня 2019 г.*).

Конференция посвящена обсуждению современных методических аспектов и достижений в области селекции, генетики, молекулярной биологии и биотехнологии в концепции комплексного изучения устойчивости овощных, бахчевых и цветочных культур к стрессовым биотическим и абиотическим факторам окружающей среды; использования генофонда культурных растений в селекции для создания новых устойчивых сортов и гибридов; актуальным вопросам идентификации экономически значимых вредных организмов; стратегии использования системы интегрированной защиты растений в современном овощеводстве открытого и защищенного грунта.

Конференция приурочена к памятным датам:

- 105-летию публикации первой отечественной монографии Н.И. Вавилова «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям»;
- видных ученых в области иммунитета и защиты растений: Балашовой Н.Н., Голышина Н.М., Гара К.А., Ореховской М.В., Пименовой А.С., Коргановой Н.Н., Власовой Э.А., Горшковой Н.С., Шкляра С.Н., Самохвалова А.Н.

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Современные биотехнологические и молекулярно-генетические методы создания источников устойчивости овощных, бахчевых культур к биотическим и абиотическим стрессовым факторам среды. Роль генетических ресурсов растений в достижениях отечественной селекции на устойчивость.
2. Современные подходы фитосанитарного мониторинга, структура популяций вредителей и фитопатогенных микроорганизмов – возбудителей грибных, бактериальных, вирусных, фитоплазменных, нематодных болезней овощебахчевых и цветочных культур.
3. Иммунитет овощных, бахчевых и цветочных культур к вредным организмам.
4. Методы защиты растений в современном овощеводстве: химические, биологические, биотехнологические, интегрированная защита растений. Органическое овощеводство.

**Желающим принять участие в работе конференции необходимо
прислать анкету-заявку до 15.04.2024 г. на электронную почту lmivniissok@mail.ru
Обновляемая информация о конференции размещается на сайте ФГБНУ ФНЦО
<http://www.vniissok.ru>**



Главный редактор

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

Агнешка Секара – профессор, Department of Horticulture, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture, Краков, Польша
Радхи Шьям Сингх – доцент, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan 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, ректор, Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика

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

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

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

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

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

С.В. Акимова – доктор с.-х. наук, доцент кафедры 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., Директор Аграрно-технологического института РУДН (АТИ), Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Библиограф: **Разорёнова А.Г.**, ФГБНУ ФНЦО. **Дизайн и верстка:** **Янситов К.В.**, ФГБНУ ФНЦО. **Фото на обложке:** Фотогалерея Госкорпорации «Роскосмос», <https://www.roscosmos.ru/309/>

© ФГБНУ ФНЦО, оформление макета, 2024

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

Адрес учредителя и редакции: 143080, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

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

Тираж 100 экземпляров.

Периодичность: 6 раз в год.

Дата выхода в свет: 25.03.2024

Отпечатано в типографии:

ООО «ПРИНТ»

426035, г. Ижевск,
ул. Тимирязева, д. 5, оф. 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.



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),
Surkhondarya region, Republic of Uzbekistan

Leonid F. Voloschuk – 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), Rector,
Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan Republic

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-vegeta-
bles 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 bio-
logical methods of plant protection, All-Russian Scientific Research Institute of
Vegetable Growing – Branch of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center",
Moscow region, Russia

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

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

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

Lyudmila V. Grigoryeva – Dr. Sci. (Agriculture),
Professor, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Arthur S. Dombldes – Dr. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Genetics and
Cytology, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

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

Stalina V. Zharkova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
The Altai State Agrarian 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,
director of Agrarian Technological Institute of RUDN University, Moscow, Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bibliographer: Anna G. Razorenova (FSBSI FSVC). **Designer: Konstantin V. Yansitov** (FSBSI FSVC). **Photographing: Alexey P. Lebedev** (FSBSI FSVC)

Cover photo: Photo gallery of the State Space Corporation Roscosmos, <https://www.roscosmos.ru/309/>

©FSBSI FSVC, Layout Design, 2024

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

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

Publication Frequency: 6 issue per year. Free price. 100 copies. Published: 25.03.2024

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

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

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



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



СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Енгальчев М.Р., Джос Е.А., Матюкина А.А., Вербя О.В.,****Демиденко Е.В., Соснов В.С., Рубцов А.А.**

Селекция томата для открытого грунта юга России.....5

Ражаметов Ш.Н., Жеонг Х.Б., Янг Ы.Ё., Чо М.Ч.

Влияние прививки на вегетативно-репродуктивные признаки томата12

Сакара Н.А., Бардина Н.В., Ким И.В.

Эффективность селекционной работы по улучшению основных хозяйственно ценных показателей перспективного стародавнего сорта-популяции Бананная 42 в Приморском крае.....21

САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ**Янченко Е.В., Зыкин К.А., Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А.**

Сухие овощные ферментированные продукты длительного хранения и их интеграция в рацион питания космонавтов.27

Харченко В.А., Голубкина Н.А., Скрыпник Л.Н., Мурариу О.К., Карузо Д.Особенности биохимических показателей и элементного состава сортов салата *Lactuca sativa* L., выращенных из семян после длительного хранения на МКС.37**Борзов С.С., Каухчешвили Н.Э., Янченко Е.В.**

Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню.....43

Янченко Е.В., Иванова М.И., Каухчешвили Н.Э.,**Грызунов А.А., Белова С.В., Янченко А.В.**

Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения.....51

Молчанова А.В., Кондратьева И.Ю.Биохимические параметры плодов томата (*Solanum lycopersicum* L.) розовой окраски: зрелых и после закладки на хранение.58**Ахмедова П.М.**

Влияние биопрепаратов на хозяйственно ценные показатели при производстве томата отечественной селекции в условиях открытого грунта Республики Дагестан.65

Асмаре М.Т.

Определение видов деревьев, устойчивых к кислой почве.71

Чекушкина Т.Н., Барсукова Е.Н.

Оценка качества ягод сортов ремонтантной земляники садовой по товарным и биохимическим показателям в условиях Приморского края.79

Фейзуллаев Б.А.

Изучение и оценка агробиологических показателей сортов и гибридных форм винограда в условиях Южного Дагестана.86

Козловская И.П., Винокурова-Лабунская Ю.В. Технологические приемы повышения урожайности

и воспроизводства плодородия при выращивании кабачка на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Республики Беларусь.....94

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ**Ким И.В., Клыков А.Г.**Изучение антоцианов в кожуре и мякоти клубней гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.).100

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**Engalychev M.R., Dzhos E.A., Matyukina A.A., Verba O.V.,****Demidenko E.V., Sosnov V.S., Rubtsov A.A.**

Tomato breeding for open ground in the south of Russia.5

Rajametov Sh.N., Jeong H.-B., Yang E.-Y., Cho M.-Ch.

The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato.12

Sakara N.A., Bardina N.V., Kim I.V.

The effectiveness of breeding work on the improvement of the main economically

important traits of traditional variety population Banannaya in Primorsky kray.21

HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS**Yanchenko E.V., Zykin K.A., Kaukhcheshvili N.E., Gryzunov A.A.**

Dry fermented vegetable products of long-term storage

and their integration into the diet of astronauts.27

Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Skrypnik L.N., Murariu O.C., Caruso G.Peculiarities of biochemical and mineral composition of lettuce *Lactuca sativa* L.

grown from seeds after long-term storage in the International Space Station.37

Borzov S.S., Kaukhcheshvili N.E., Yanchenko E.V.

Dehydration of plant raw materials for variety of the space menu.43

Yanchenko E.V., Ivanova M.I., Kaukhcheshvili N.E.,**Gryzunov A.A., Belova S.V., Yanchenko A.V.**

Freeze drying as a way to preserve

the quality of vegetables to create functional products.51

Molchanova A.V., Kondratyeva I.Yu.

The biochemical characteristics of pink tomato

fruits (*Solanum lycopersicum* L.): mature and after storage.58**Akhmedova P.M.**

The influence of biological products on economically valuable indicators in the production

of tomatoes of domestic selection in open ground conditions of the Republic of Dagestan.65

Asmare M.T.

Acidic soil-tolerant tree species identification.71

Chekushkina T.N., Barsukova E.N.

Evaluating berries of everbearing garden strawberry varieties for product

quality and biochemical parameters in the conditions of Primorsky kray.79

Feyzullaev B.A.

Study and evaluation of agrobiological indicators of grape varieties

and hybrid forms in the conditions of Southern Dagestan.86

Kozlovskaya I.P., Vinokurova-Labunskaya Yu.V.

Technological methods for increasing the yield and fertility reproduction when growing zucchini

on sod-podzolic light loamy soil in natural and climatic conditions of Republic of Belarus.94

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**Kim I.V., Klykov A.G.**

Studying anthocyanins in the skin and flesh of the tubers of some

potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.).100

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-5-11>
УДК: 635.64:631.52(470)

М.Р. Енгальчев¹, Е.А. Джос^{1*},
А.А. Матюкина¹, О.В. Верба¹,
Е.В. Демиденко¹, В.С. Соснов², А.А. Рубцов²

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

² Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (Бирючукская ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО) 346414, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Селекционная, 19

*Автор для переписки: elenadzhos@mail.ru

Вклад авторов: Енгальчев М.Р. – анализ полученных результатов, подготовка черновика рукописи. Джос Е.А. – научное руководство исследованием. Матюкина А.А. – проведение полевой оценки томата. Верба О.В. – работа с литературой, подготовка материалов для статьи. Демиденко Е.В. – статистическая обработка данных. Соснов В.С. – технологическое обеспечение исследования. Рубцов А.А. – методическое сопровождение исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Енгальчев М.Р., Джос Е.А., Матюкина А.А., Верба О.В., Демиденко Е.В., Соснов В.С., Рубцов А.А. Селекция томата для открытого грунта юга России. *Овощи России*. 2024; (2):5-11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-5-11>

Поступила в редакцию: 07.02.2024

Принята к печати: 04.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Myazar R. Engalychev¹, Elena A. Dzhos^{1*},
Anna A. Matyukina¹, Olga V. Verba¹,
Ekaterina V. Demidenko¹,
Vyacheslav S. Sosnov², Alexander A. Rubtsov²

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

² Biryuchekutsky vegetable breeding experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific vegetable center» (BVBES – branch of the FSBSI FSVC) 19, Selektionnaya str., Novocherkassk, Rostov region, 346414, Russia

*Corresponding Author: elenadzhos@mail.ru

Authors' Contribution: Engalychev M.R. – analysis of the results obtained, preparation of a draft manuscript. Dzhos E.A. – scientific leadership of the study. Matyukina A.A. – conducting a field assessment of tomato. Verba O.V. – work with literature, preparation of materials for the manuscript. Demidenko E.V. – statistical data processing. Sosnov V.S. – technological support for the research. Rubtsov A.A. – methodological support of the research.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

For citation: Engalychev M.R., Dzhos E.A., Matyukina A.A., Verba O.V., Demidenko E.V., Sosnov V.S., Rubtsov A.A. Tomato breeding for open ground in the south of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2024; (2):5-11. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-5-11>

Received: 07.02.2024

Accepted for publication: 04.03.2024

Published: 25.03.2024

Селекция томата для открытого грунта юга России

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Томат – самая распространенная овощная культура в южных регионах России и одна из самых популярных у населения во всех природно-климатических зонах страны. Основная масса продукции производится в крупных овощеводческих, фермерских и личных подсобных хозяйствах. Одной из важнейших задач продолжает оставаться совершенствование сортимента с учетом природно-климатических условий возделывания и направлений использования. В связи с чем селекция томата для юга России промышленного типа с высоким уровнем пластичности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам является актуальной задачей.

Целью исследования является оценка хозяйственно ценных признаков перспективных линий и новых гибридов томата промышленного типа, адаптированных к условиям юга России.

Материал и методика. Работа проведена в условиях открытого грунта опытно-производственного хозяйства Федерального научного центра овощеводства (Московская область) и Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО (Ростовская область). Объектами исследований являлись селекционный материал и 6 перспективных новых гибридных комбинаций томата селекции ФГБНУ ФНЦО.

Результаты и обсуждение. В результате поэтапного изучения и отбора выделены наиболее перспективные образцы для дальнейшего использования их в качестве исходного материала для практической селекции: Б-6-С-2014, VS-Б-№7, VS-Б-18, VS-Б-20, VS-Б-35, VS-Б-38. В результате проведения конкурсного испытания выделены лучшие гибридные комбинации: F₁ Б-1, F₁ Б-2, F₁ Б-4, отвечающие требованиям товарного производства юга России. Показано, что гибридная комбинация F₁ Б-2 превышает и оба стандартных образца F₁ Метеор и F₁ Perfectpeel как по общей урожайности (на 10,9 т/га и на 9,6 т/га), товарности плодов, так и по содержанию сухого вещества в плодах (6,1% против 5,1% и 5,2%). Учитывая комплекс хозяйственных признаков скороспелый гибрид томата F₁ Б-2 под названием F₁ Профи передан на Государственное сортоиспытание, так как он показывает стабильные хозяйственные характеристики на протяжении нескольких лет изучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, селекция, исходный материал, гибридная комбинация, сортоиспытание, урожайность, дружность созревания.

Tomato breeding for open ground in the south of Russia

ABSTRACT

Relevance. Tomato is the most widespread vegetable crop in the southern regions of Russia and one of the most popular with the population in all natural and climatic zones of the country. The majority of products is produced in large vegetable-growing, farming and private household farms. One of the most important tasks is to improve the assortment taking into account natural and climatic conditions of cultivation and directions of use. In this regard, the selection of industrial tomato with a high level of flexibility and resistance to biotic and abiotic stressors for the south of Russia is an urgent task. The aim of the study is to evaluate economically valuable features of perspective lines and new hybrids of tomato of industrial type, adapted to the conditions of southern Russia.

Material and methodology. The work was carried out in the open field conditions of experimental production farm of the Federal Scientific Center of Vegetable Industry (Moscow region) and Biryuchekutskaya vegetable breeding experimental station – branch of the FSBSI FSVC (Rostov region). The objects of research were breeding material and 6 perspective new hybrid combinations of tomato of selection of the Federal State Budgetary Scientific and Scientific Institution of the Russian Federation.

Results and discussion. As a result of step-by-step study and selection, the most promising samples were identified for further use as source material for practical breeding: B-6-C-2014, VS-B-№7, VS-B-18, VS-B-20, VS-B-35, VS-B-38. As a result of the competitive testing, the best hybrid combinations were identified: F₁ B-1, F₁ B-2, F₁ B-4, meeting the requirements of commercial production in the south of Russia. It is shown that the hybrid combination F₁ B-2 exceeds both standard samples F₁ Meteor and F₁ Perfectpeel both in terms of total yield (by 10.9 t/ha and 9.6 t/ha), marketability of fruits, and dry matter content in fruits (6.1% vs. 5.1% and 5.2%). Taking into account the complex of economic characteristics, a precocious F₁ hybrid of tomato F₁ B-2 called F₁ Profy has been submitted to the State Variety Testing, as it shows stable economic characteristics over several years of study.

KEYWORDS:

tomato, breeding, source material, hybrid combination, variety testing, yield, maturation friendliness

Введение

Томат – самая распространенная овощная культура в южных регионах России и одна из самых популярных у населения во всех природно-климатических зонах страны. Ценится своим богатым химическим составом. Его употребляют в пищу в свежем виде, в различных консервах и используют как ценную добавку к мясным, рыбным и овощным блюдам. Томат улучшает их усвояемость, питательную и лечебную ценность [1,2]. По данным FAOSTAT, в 2022 году в России было произведено 2,65 млн тонн томата на площади 78 тыс. га, а средняя урожайность составила 33,8 т/га [3]. Наиболее крупными производителями томата являются Южный, Центральный, Приволжский регионы РФ. Ростовская область занимает одну из лидирующих позиций по производству томата в России. Основная масса продукции производится в крупных овощеводческих, фермерских и личных подсобных хозяйствах.

Специфические климатические условия южных регионов России – высокая температура воздуха и почвы, солнечная инсоляция, недостаток влаги, особенно в период цветения растений и созревания плодов, являются сдерживающим фактором получения высоких урожаев [4]. Поэтому основное перспективное направление селекции томата для юга России – создание и внедрение в производство сортов и гетерозисных гибридов промышленного типа, которые обладают высокой урожайностью, транспортабельностью, дружностью созревания, пригодны к механизированному возделыванию и уборке [5,6,7].

В последние годы сортовое разнообразие томата расширилось благодаря успешной работе селекционеров различных учреждений и частных компаний. На российском рынке семян существует большая конкуренция с импортными сортами, что ставит перед селекционерами новые требования. Создаваемые сорта и гибриды должны стабильно реализовывать свои потенциальные возможности, обладать высоким уровнем пластичности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам. А внедрение таких конкурентоспособных сортов и гибридов будет более полно удовлетворять потребность населения в отечественных высококачественных продуктах питания и за счет увеличения внутреннего производства и способствовать продовольственной независимости государства.

Одним из условий успешной селекции является получение генетического разнообразия исходного материала, в основном, за счет гибридизации образцов с различными генотипами, адаптированными к природно-климатическим условиям юга России и отвечающими требованиям производителей.

Создание высокопродуктивных сортов и гибридов, адаптированных к природно-климатическим условиям юга России – одно из основных направлений селекции овощных культур Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО.

Целью исследования является оценка хозяйственно ценных признаков перспективных линий и новых гибридов томата промышленного типа, адаптированных к условиям юга России.

Материал и методика

Исследования проведены на Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО (Ростовская область) в 2021-2023 годах. Почвы в опытах – чернозем обыкновенный с высоким содержанием доступных элементов питания. Поливы – через систему капельного орошения с фертигацией. Применяемая технология выращивания томата – принятая для зоны. Повторность 4-х кратная, расположение рендомизированное. При выполнении работы руководствовались «Методикой полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» [8]. Конкурсное испытание – по «Методике государственного сортоиспытания овощных, бахчевых культур и картофеля» [9]. Учеты и наблюдения за растениями проведены по общепринятым методикам [10]. Достоверность полученных результатов оценивали математически – статистическим методом по методике Б.А. Доспехова [11]. В качестве материала для исследований были изучены перспективные линии и гибриды томата, селекции ФГБНУ ФНЦО и его филиалов.

Стандартом служил районированный гибрид иностранной селекции F₁ Perfectreel и районированный гибрид селекции ФГБНУ ФНЦО F₁ Метеор

Определение общего количества растворимых сухих веществ осуществляли рефрактометром, результаты представлены в виде oBrix при 20°C. Индекс формы плода определяли отношением его высоты к диаметру. Дружность созревания плодов в процентах (%) определяли отношением массы красных товарных плодов к общей массе плодов, умноженное на 100.

Иммунологическую оценку устойчивости образцов томата проводили на естественном фоне согласно «Методических указаний по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта» [12].

Результаты исследований

Селекционная работа по созданию сортов томата для промышленных технологий на первых этапах была направлена на оценку сортов по хозяйственно-ценным признакам, отвечающих требованиям, предъявляемых к механизированной уборке, а именно, обладающие дружным созреванием, прочностью кожицы и мякоти плодов, выравненностью по размеру и форме, отделяемостью плодов от плодоножки, с оптимальным усилием отрыва плода от растения, устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам. В результате многолетних исследований были выделены образцы, отвечающие требованиям промышленного производства (табл.1). Удлиненная форма более благоприятна для прочности плода, поэтому у всех выделенных образцов форма кубовидная, эллиптическая, яйцевидная или цилиндрическая.

Важнейший признак для данной группы сортов томата является дружность созревания, так как механизированную уборку целесообразно начинать при созревании на растениях томата более 70% плодов [13,14,15]. Исследования показали, что среди выделенных сортообразцов практически все

Таблица 1. Характеристика выделенных образцов томата для селекции в южных регионах
(Бирючукская СОС – филиал ФГБНУ ФНЦО)
Table 1. Characteristics of selected tomato samples for breeding in the southern regions
(Biryuchekutskaya vegetable breeding experimental station – branch of the FSBSI FSVS)

Образец	Растение		Плод				Дружность созревания, %	Плодоножка	Продуктивность, кг	Brix, % °Bx
	габитус, см	облиственность	форма*	индекс формы	наличие трещин	плотность				
Б-5-Алеко	sp, 50	средне	цилиндр	1,44	-	средняя	90	J-2	4,05	4,3
Б-6-С-2014	sp, 50	густо	эллипт.	1,22	-	плотный	90	J-2	3,25	5,0
VS-Б-№4	sp, 55	средне	куб.	1,1	-	плотный	75	J-2	3,7	4,73
VS-Б-№7	sp, 53	густо	куб.	1,1	-	плотный	90	J-2	3,5	5,3
Испанец	sp, 55	средне	эллипт.	1,3	+	плотный	80	J-2	2,85	5,1
VS-Б-11	sp, 60	густо	цилиндр	1,75	-	плотный	70	J-2	1,38	5,65
VS-Б-18	sp, 75	густо	куб.	1,05	-	плотный	80	J	2,85	5,75
VS-Б-20	sp, 65	средне	эллипт	1,1	-	плотный	85	J-2	2,23	5,3
VS-Б-35	sp, 50	густо	цилиндр	1,5	-	плотный	90	J-2	3,05	5,2
VS-Б-38	sp, 60	густо	цилиндр	1,4	-	плотный	80	J-2	2,89	6,0
VS-Б-39	sp, 75	густо	эллипт.	1,2	-	плотный	75	J	3,12	6,3
VS-Б-44-X	sp, 70	густо	эллипт.	1,2	-	плотный	70	J-2	2,52	5,0
F ₁ Perfectpeel - st	sp, 60	средне	куб.	1,18	-	плотный	75	J-2	3,14	4,8
НСР ₀₅									0,7	0,5

* эллипт.- эллиптическая, куб. – кубовидная, цилиндр. – цилиндрическая

имели высокую дружность созревания в условиях юга РФ. Дружность созревания у отобранного исходного материала различная от 70% до 90%. Источником признака дружности созревания являются: Б-5-Алеко, Б-6-С-2014, VS-Б-№7, VS-Б-35. Окраска плодов у всех выделенных образцов красная.

Высокую ценность представляет исходный материал томата, имеющий несочлененную плодоножку, так как от наличия данного признака у сортообразцов в значительной степени зависит осыпаемость плодов и качество убранной продукции. Данный признак контролируется генами *j*, *j-2*, в то

время, как обычная плодоножка, имеющая раздельный слой на месте ее соединения с плодовой кистью контролируется геном *j+* [16]. Сравнительная оценка образцов томата с различным признаком плодоножки показала, что наибольшую ценность для селекции промышленных сортов и гибридов представляют генисточники признака несочлененной плодоножки (*j-2*), дружности созревания наряду с высокими показателями других хозяйственно полезных свойств.

Содержание сухого вещества является одним из показателей качества плодов томата [17,18,19,20]. У промышленно технологичных сортов содержание

Таблица 2. Сортоиспытание перспективных гибридных комбинаций в условиях Ростовской области (2022-2023 годы)
Table 2. Variety testing of promising hybrid combinations in the Rostov region (2022-2023)

Гибридная комбинация	Плод				Дружность созревания, %	Наличие сочленения	Урожайность, т/га	Товарность, %	Brix, % °Bx
	форма*	масса, г	окраска плода	плотность					
F ₁ Б-1	эллипт	56	красная	плотная	80	J-2	114,7	90	4,9
F ₁ Б-2	куб	75	красная	плотная	88	J-2	108,2	97	6,1
F ₁ Б-3	куб	67	красная	плотная	85	J-2	97,0	88	5,1
F ₁ Б-4	эллипт	83	красная	плотная	80	J-2	98,9	95	6,3
F ₁ Б-22/23	эллипт	60	красная	плотная	80	J	96,7	96	5,7
F ₁ Б-3-8/23	цилиндр	89	красная	плотная	87	J	96,5	97	6,0
F ₁ Meteor st.	эллипт	70	красная	плотная	87	J-2	97,3	95	5,1
F ₁ Perfectpeel st.	куб	70	красная	плотная	75	J-2	98,6	93	5,2
HCP ₀₅							5,3		0,5

* эллипт.- эллиптическая, куб. – кубовидная, цилиндр. – цилиндрическая

сухого вещества должно быть от 5% и более [21]. Общее количество растворимого сухого вещества (Brix, %) является наиболее важным параметром качества плодов как в свежем виде, так и в обработанном. Это сумма сахаров (сахароза и гексозы; 65%), кислот (цитрат и малат; 13%) и других второстепенных компонентов (фенолы, аминокислоты, растворимые пектины, аскорбиновая кислота и минералы) в мякоти плодов томата. Сахар и органические кислоты являются важным фактором, влияющим на общую интенсивность вкуса [22; 23, 24]. В наших исследованиях процентное содержание сухого вещества в плодах томата по шкале Brix составило от 4,3 до 6,3% в зависимости от образца. Источниками высокого содержания сухого вещества могут служить образцы: VS-Б-39, VS-Б-38, VS-Б-18, VS-Б-11.

В результате поэтапного изучения и отбора выделены наиболее перспективные образцы для дальнейшего использования их в качестве исходного материала для практической селекции: Б-6-С-2014, VS-Б-№7, VS-Б-18, VS-Б-20, VS-Б-35, VS-Б-38.

Современная селекция томата для открытого грунта направлена на создание гибридов и исполь-

зование гетерозиса. Селекцию проводили путем сочетания ценных хозяйственных признаков, имеющих в линейном материале с выделенными генотипами, адаптированными к природно-климатическим условиям юга России и отвечающих требованиям производителей.

С использованием полученного исходного материала были получены гибридные комбинации. Все гибридные комбинации были изучены: по габитусу растения, форме, окраске и плотности плодов, дружности созревания, ранней, общей и товарной урожайности в условиях юга России (Ростовская обл.). Проведенные исследования показали, что большинство изученных гибридных комбинаций превышали по многим показателям гибриды - стандарты F₁ Метеор и F₁ Perfectpeel. Лучшие комбинации по условиям изучения двух лет представлены в таблице 2.

Все гибридные комбинации имели детерминантный габитус с хорошей облиственностью, предотвращающей плоды от солнечных ожогов. Плоды у всех изученных образцов удлиненной формы с плотной кожей и мякотью.

Признак дружности созревания плодов варьиру-

ет в зависимости от внешних факторов, но в среднем был пределах 75-88%. Все испытываемые гибридные комбинации характеризуются несочлененной плодоножкой.

Наибольшая урожайность (114,7 т/га) отмечена у гибридной комбинации F₁ Б-1 со средней массой плода 56 г. По сравнению со стандартами плод уступает по массе, но высокая продуктивность достигается за счет числа плодов на растении. Вторым по величине урожая (108,2 т/га) был гибрид F₁ Б-2, который превзошел гибрид F₁ Б-1 по дружности созревания, товарности плодов и показателю Br_{ix}. Эта гибридная комбинация F₁ Б-2 превышает и оба стандартных образца как по общей урожайности (на 10,9 т/га и на 9,6 т/га), товарности плодов, так и по содержанию сухого вещества в плодах (6,1% против 5,1% и 5,2%).

Пектиновые вещества содержатся в плодах томата в небольшом количестве, но они важны для формирования плотной кожицы, плотной мякоти и в целом способствуют прочности зрелых плодов, их устойчивости к механическим воздействиям [25,26]. В процессе созревания происходит увеличение их содержания [27]. В связи с повышенной

активностью пектиноразлагающих ферментов (протопектиназы, пектиназы и др.), вызываемой высокой температурой и солнечной инсоляцией на юге, процесс ускоренного старения зрелых плодов идет более интенсивно [28,29,30,31,32]. В связи с чем, у скороспелых образцов дружность созревания выше. Получение максимального количества зрелых плодов на растениях томата у среднеспелых сортообразцов можно добиться за счет большей устойчивости плодов к перезреванию и размягчению в течение 15-20 суток и более [33].

В нашем эксперименте все изученные гибриды обладали относительно высокими прочностными показателями. Наиболее прочными через 20 суток после начала созревания были плоды гибридов F₁ Б-2, F₁ Б-3, F₁ Б-4, что является очень важным признаком в селекции томата для одноразовой уборки урожая.

Учитывая комплекс хозяйственных признаков гибрид томата F₁ Б-2 под названием **F₁ Профи** передан на Государственное сортоиспытание, так как он показывает стабильные хозяйственные характеристики на протяжении нескольких лет изучения (рис.).

Гибрид характеризуется детерминантным типом роста. Растение мощное, густооблиственное. Период вегетации от всходов до созревания составляет 110-115 суток. Дружность созревания – 88%. Плод кубовидной формы, плотный, не имеет зеленого пятна у плодоножки, без сочленения, гладкий, глянцевый. Средняя масса плода – 75 г. Урожайность в разные годы испытаний 98,7-111,2 т/га. В биологической спелости плоды насыщенно красные. Гибрид отличается высокой завязываемостью, плотностью, дружностью созревания и товарностью плодов.

Рекомендован для механизированной уборки и промышленной переработки (цельноплодного консервирования и на томатопродукты). Имеет отличные вкусовые качества. Содержание сухого вещества – 6,1%, Общий сахар – 3,52%, аскорбиновая кислота 21,7 мг%.

Заключение

В результате проведенных исследований выделен исходный материал с комплексом хозяйственно полезных признаков: удлиненная форма плода, высокая дружность созревания, несочлененная плодоножка, высокая стабильная продуктивность и содержание сухого вещества. Наиболее перспективными для дальнейшего использования их в качестве исходного материала для практической селекции являются: Б-6-С-2014, VS-Б- №7, VS-Б-18, VS-Б-20, VS-Б-35, VS-Б-38.

В результате конкурсного изучения полученных гибридных комбинаций выделены лучшие – F₁ Б-1, F₁ Б-2, F₁ Б-4, отвечающие требованиям товарного производства юга России.

Учитывая комплекс хозяйственных признаков гибрид томата F₁ Б-2 под названием **F₁ Профи** передан на Государственное сортоиспытание, так как он показывает стабильные хозяйственные характеристики на протяжении нескольких лет изучения.



Рис. Гибрид томата F₁ Профи
Fig. Hybrid tomato F₁ Profi

• Литература

1. Огнев В.В., Чернова Т.В., Костенко А.Н., Барбарицкая И.В. Состояние и перспективные направления селекции томата для открытого грунта России. *Картофель и овощи*. 2021;(9):33-36. DOI 10.25630/PAV.2021.70.53.005. EDN IEFDXK.
2. Чернова Т.В., Огнев В.В., Корсунов Е.И. Томаты на юге России. *Картофель и овощи*. 2019;(11):20-23. DOI 10.25630/PAV.2019.26.87.005. EDN JEQFNA.
3. ФАОСТАТ. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org>
4. Грушанин А.И., Бут Н.Н. Селекция томата для выращивания в открытом грунте на Кубани. *Рисоводство*. 2014;2(25):38-43. EDN VUBZSJ.
5. Беков Р.Х. Оценка отечественных сортов и перспективных линий томата на пригодность к механизированной уборке. *Картофель и овощи*. 2020;(9):29-32. DOI 10.25630/PAV.2020.76.73.005. EDN SFULOH.
6. Нурматов Н.Ж., Жумаев Э.А. Использование гетерозиса в селекции томата на скороспелость. *Овощи России*. 2018;(4):36-38. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-4-36-38>. EDN UURATR.
7. Пашаев Р.Ю. Территория развития. *Картофель и овощи*. 2020;(11):3-4.
8. Белик В.Ф., Бондаренко Г.Л. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М.: НИИОХ, 1979. С. 3-48.
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.4. Картофель, овощные и бахчевые культуры. 1975. 256 с.
10. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 649 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: «Агропромиздат», 1985. 351 с.
12. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. ВНИИССОК. М., 1986. 64 с.
13. Абликов В.А., Белоусов С.В., Помеляйко С.А. Механизация уборки и переработки томатов. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;(121):2090-2117. DOI 10.21515/1990-4665-121-134. EDN UPGEVS.
14. Авдеев Ю.И., Авдеев А.А., Кигашпаева О.П., Иванова Л.М. Селекция томата для промышленных технологий с одноразовой уборкой урожая. *Астраханский вестник экологического образования*. 2013;1(23):165-176. EDN PXNTQX.
15. Анишко М.Ю. Повышение дружности созревания плодов томата. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(3):48-52. EDN UTTXUB.
16. Беков Р.Х. Маркерные признаки исходного материала томата в гетерозисной селекции для защищенного грунта. *Картофель и овощи*. 2021;(8):34-37. DOI 10.25630/PAV.2021.87.48.006. EDN APPPHO.
17. Гавриш С.Ф., Редичкина Т.А., Топинский А.И. Создание исходного материала для селекции F1 гибридов вишневидного томата с высоким содержанием сухого растворимого вещества. *Овощи России*. 2022;(6):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-5-10>.
18. Кондратьева И.Ю., Павлов В.Л. Содержание сухого вещества в плодах томата в зависимости от фазы развития растений и условий выращивания. *Известия ФНЦО*. 2021;(1-2):90-95. DOI 10.18619/2658-4832-2021-1-2-90-95. EDN YWBKLD.
19. Курина А.Б., Соловьева А.Е., Храпалова И.А., Артемьева А.М. Биохимический состав плодов томата различной окраски. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(5):514-527. DOI 10.18699/VJ21.058. EDN MQXGFG.
20. Николаева О.В. Сравнительная оценка новых сортов томата черри при выращивании в необогреваемых теплицах северо-западного региона. *Вестник Курской ГСХА*. 2022;(7):70-78. EDN GUOCYZ.

21. Авдеев А.Ю. Селекция томата для разных целей использования, классификации сортов и технологии выращивания в Нижнем Поволжье. Астрахань. 2012. 211 с.
22. Barickman T.C., Kopsell D.A., Sams C.E. Absciscic acid impacts tomato carotenoids, soluble sugars, and organic acids. *HortScience*. 2016;51(4):370-376. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.4.370>
23. Carlos A., Sabine V.T., Brigitte P., Wilfried R. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits. *MethodsX*. 2018;(5):537-550. DOI: 10.1016/j.mex.2018.05.014
24. Li N., Wang J., Wang B., Huang S., Hu J.i., Yang T., Asmutola P., Lan H., Qinghui Yu. Identification of the Carbohydrate and Organic Acid Metabolism Genes Responsible for Brix in Tomato Fruit by Transcriptome and Metabolome Analysis. *Genomics of Plants and the Phytocoecosystem*. 2021;(12):1-16. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.714942>
25. Беков Р.Х. Пектиновые вещества увеличивают прочность плодов томат // *Картофель и овощи*. 2013;(8):34. EDN RDLFHL.
26. Гусейнов Г.А. Подбор дружносозревающих сортов и линий томатов. *Аграрная наука*. 2017;(2):11-14. EDN YHYZKJ.
27. Lunn D., Phan T.D., Tucker G.A., Lycett G.W.. Cell wall composition of tomato fruit changes during development and inhibition of vesicle trafficking is associated with reduced pectin levels and reduced softening. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013;(66):91-97. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.005>
28. Бабаев А.Г. Создание сортов томата в Азербайджане на основе применения современных методов селекции. Баку. 2005. 38 с.
29. Гаджиева А.М., Касьянов Г. И., Особенности высокотехнологичной переработки томатов. *Живые и биокосные системы*. 2016;(15):59-82. EDN VOTILV.
30. Щипицина Д.А. Исследование процессов дозаривания и хранения томатов, обработанных биопрепаратами. Санкт-Петербург. 2004. 16 с.
31. Uluisik S., Seymour G.B. Pectate lyases: Their role in plants and importance in fruit ripening. *Food Chemistry*. 2020;(309):125559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125559>
32. Uluisik S. Physicochemical and Molecular Properties of Tomato Cultivars Harvested at Different Stages Show Different Patterns During Post-Harvest Ripening. *Gesunde Pflanzen*. 2021;(73):613-622. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00582-2>
33. Беков Р.Х., Тарасенков И.И., Костенко А.Н., Гиш Р.А., Санина О.Г., Любина Н.И. Влияние дружности созревания плодов и сохранение их товарных качеств на растениях в селекции томата для механизированной уборки урожая. Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству к 110-летию со дня рождения Квасникова Бориса Васильевича, М., 2009. С.62-65.

• References

1. Ognev V.V., Chernova T.V., Kostenko A.N., Babaritskaya I.V. Condition and promising directions of tomato selection for open ground of Russia. *Potato and vegetables*. 2021;(9):33-36. DOI 10.25630/PAV.2021.70.53.005. EDN IEFDXK. (In Russ.)
2. Chernova T.V., Ognev V.V., Korshunov E.I. Tomatoes in southern Russia. *Potato and vegetables*. 2019;(11):20-23. DOI 10.25630/PAV.2019.26.87.005. EDN JEQFNA. (In Russ.)
3. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org>
4. Grushanin A.I., But N.N. Tomato breeding for cultivation in an open field in Kuban region. *Rice growing*. 2014;2(25):38-43. EDN VUBZSJ. (In Russ.)
5. Bekov R.Hh. Assessment of domestic cultivars and promising tomato lines for suitability for mechanized harvesting. *Potato and vegetables*. 2020;(9):29-32. DOI 10.25630/PAV.2020.76.73.005. EDN SFULOH. (In Russ.)
6. Nurmatov N.J., Jumayev E.A. USE OF HETEROSIS IN THE SELECTION OF TOMATO ON SPEED. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(4):36-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-4-36-38>. EDN UURATR.

7. Pashaev R.Y. The territory of development. *Potato and vegetables*. 2020;(11):3-4. (In Russ.)
8. Belik V.F., Bondarenko G.L. Methodology for field experimentation in vegetable and melon cultivation. M.: NIOH; 1979. P. 3-48. (In Russ.)
9. Methodology for state variety testing of agricultural crops. Issue 4 Potatoes, vegetables and melons. 1975. 256 p. (In Russ.)
10. Litvinov S.S. Methodology for field testing in vegetable cultivation. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2011. 649 p. (In Russ.)
11. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: "Agropromizdat", 1985. 351 p. (In Russ.)
12. Methodological guidelines for breeding tomato varieties and hybrids for open and protected ground. VNIISOK. M., 1986. 64 p. (In Russ.)
13. Ablikov V.A., Belousov S.V., Pomelyaiko S.A. Mechanization of harvesting and processing of tomatoes. *Polythematic online scientific journal of kuban state agrarian university*. 2016;(121):2090-2117. DOI 10.21515/1990-4665-121-134. EDN UPGEVS. (In Russ.)
14. Avdeyev Yu.I., Avdeyev A.Yu., Kigashpaeva O.P., Ivanova L.M. Tomato breeding for industrial technology with one time yield harvesting. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. 2013;1(23):165-176. EDN PXNTQX. (In Russ.)
15. Anishko M.Yu. Increasing the friendliness of tomato fruit ripening. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019;(3):48-52.. EDN UTTXUB. (In Russ.)
16. Bekov R.Hh. Marker features of the tomato basic material in heterosis breeding for greenhouse industry. *Potato and vegetables*. 2021;(8):34-37. DOI 10.25630/PAV.2021.87.48.006. EDN APPPHO. (In Russ.)
17. Gavrish S.F., Redichkina T.A., Topinskiy A.I. Source material creation for high content of dry soluble substances F1 cherry tomato hybrids breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-5-10>. EDN YHEGPP.
18. Kondratyeva I.Yu., Pavlov V.L. Dry matter content in tomato fruits depending on the phase of plant development and growing conditions. *News of FSVC*. 2021;(1-2):90-95. DOI 10.18619/2658-4832-2021-1-2-90-95. EDN YWBKLD. (In Russ.)
19. Kurina A.B., Solovieva A.E., Khrapalova I.A., Artemyeva A.M. Biochemical composition of tomato fruits of various colors. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(5):514-527. DOI 10.18699/VJ21.058. EDN MQKXGF. (In Russ.)
20. Nikolaeva O.V. Comparative evaluation of new varieties of cherry tomatoes when grown in unheated greenhouses in the North-West Region. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022;(7):70-78. EDN GUOCYZ. (In Russ.)
21. Avdeev A.Y. Tomato breeding for different uses, classifications of varieties and cultivation technology in the Lower Volga region. Astrakhan. 2012. 211 p. (In Russ.)
22. Barickman T.C., Kopsell D.A., Sams C.E. Absciscic acid impacts tomato carotenoids, soluble sugars, and organic acids. *HortScience*. 2016;51(4):370-376. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.4.370>
23. Carlos A., Sabine V.T., Brigitte P., Wilfried R. Quantification of sugars and organic acids in tomato fruits. *MethodsX*. 2018;(5):537-550. DOI: 10.1016/j.mex.2018.05.014
24. Li N., Wang J., Wang B., Huang S., Hu J.i., Yang T., Asmutola P., Lan H., Qinghui Yu. Identification of the Carbohydrate and Organic Acid Metabolism Genes Responsible for Brix in Tomato Fruit by Transcriptome and Metabolome Analysis. *Genomics of Plants and the Phytoccosystem*. 2021;(12):1-16. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.714942>
25. Bekov R.Hh. Pectin substances increase the strength of tomato fruits. *Potato and vegetables*. 2013;(8):34. EDN RDLFHL. (In Russ.)
26. Guseynov G.A. The selection of tomato varieties and lines with uniform maturity. *Agrarian science*. 2017;(2):11-14. (In Russ.). EDN YHYZKJ.
27. Lunn D., Phan T.D., Tucker G.A., Lycett G.W.. Cell wall composition of tomato fruit changes during development and inhibition of vesicle trafficking is associated with reduced pectin levels and reduced softening. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2013;(66):91-97. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.005>
28. Babaev A.G. Creation of tomato varieties in Azerbaijan based on the application of modern breeding methods. Baku. 2005. 38 p. (In Russ.)
29. Gadzhieva A.M., Kasyanov G.I. Features of high-tech processing of tomatoes. *Live and bio-abiotic systems*. 2016;(15):59-82. EDN VOTILV. (In Russ.)
30. Shipitsyna D.A. Investigation of the processes of ripening and storage of tomatoes treated with biological products. St. Petersburg, 2004. 16 p. (In Russ.)
31. Uluisik S., Seymour G.B. Pectate lyases: Their role in plants and importance in fruit ripening. *Food Chemistry*. 2020;(309):125559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125559>
32. Uluisik S. Physicochemical and Molecular Properties of Tomato Cultivars Harvested at Different Stages Show Different Patterns During Post-Harvest Ripening. *Gesunde Pflanzen*. 2021;(73):613-622. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00582-2>
33. Bekov R.Hh., Tarasenkova I.I., Kostenko A.N., Gish R.A., Sanina O.G., Lyubina N.I. Influence of fruit ripening density and maintenance of marketable quality on the plant in tomato selection for mechanised harvesting. Collection of scientific papers on vegetable growing and melon growing for the 110th anniversary of the birth of Kvasnikov Boris Vasilyevich. M., 2009. P.62-65. (In Russ.)

Об авторах:

Мязар Ринатович Енгальчев – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-8609-8883>, SPIN-код: 4131-4856, myazar@mail.ru

Елена Алексеевна Джос – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-2216-0094>, SPIN-код: 3677-0025, автор для переписки, elenadzhos@mail.ru

Анна Алексеевна Матюкина – научный сотрудник

Ольга Владимировна Верба – кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, SPIN-код: 9006-4701, verbaov@mail.ru

Екатерина Васильевна Демиденко – младший научный сотрудник, SPIN-код: 5310-4729, ekaterinaep1987@yandex.ru

Vyacheslav S. Sosnov – Senior Researcher, SPIN-code: 7435-4495, <https://orcid.org/0000-0001-5688-988X>, Researcher ID: U 8618-2018, Scopus Author ID: 1113188, gnubosos@mail.ru

Александр Александрович Рубцов – кандидат с.-х. наук, руководитель БОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО, <https://orcid.org/0000-0003-2103-8692>, SPIN-код: 1447-5629, gnubosos@mail.ru

About the Authors:

Myazar R. Engalychev – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8609-8883>, SPIN-code: 4131-4856, myazar@mail.ru

Elena A. Dzhos – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-2216-0094>, SPIN-code: 3677-0025, Correspondence Author, elenadzhos@mail.ru

Anna A. Matyukina – Senior Researcher

Olga V. Verba – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, SPIN-code: 9006-4701, verbaov@mail.ru

Ekaterina V. Demidenko – Junior Researcher, SPIN-code: 5310-4729, ekaterinaep1987@yandex.ru

Vyacheslav S. Sosnov – Senior Researcher, SPIN-code: 7435-4495, <https://orcid.org/0000-0001-5688-988X>, Researcher ID: U 8618-2018, Scopus Author ID: 1113188, gnubosos@mail.ru

Alexander A. Rubtsov – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Biryuchetskaya vegetable breeding experimental station – branch of the FSBSI FSVC, <https://orcid.org/0000-0003-2103-8692>, SPIN-code: 1447-5629, gnubosos@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-12-20>
УДК: 631.541:635.64:581.144

Sherzod N. Rajametov,
Hyo-Bong Jeong, Eun-Young Yang,
Myeong-Cheoul Cho*

National Institute of Horticultural & Herbal
Science, Rural Development Administration
Wanju, 55365, Republic of Korea

*Correspondence: chomc@korea.kr

Authors' Contributions: Conceptualization, M.C.C., H.B.J., E.Y.Y., and S.N.R.; methodology, M.C.C., S.N.R., and H.B.J.; investigation, S.N.R., and H.B.J.; writing—original draft preparation, S.N.R., H.B.J., and M.C.C.; writing—review and editing, M.C.C., E.Y.Y., H.B.J., and S.N.R.; visualization, S.N.R., H.B.J., and M.C.C. supervision. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This study was supported by a grant (Project No: PJ0157022021 “Development of optimal cultivation technology for tomatoes using the Kooling house”) from the National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration.

Data Availability Statement: The datasets presented in this study are available upon request to the corresponding author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Rajametov S.N., Jeong H.-B., Yang E.-Y., Cho M.-C. The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):12-20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-12-20>

Received: 12.02.2024

Accepted for publication: 28.02.2024

Published: 25.03.2024

Шерзод Н. Ражаметов, Хёо Бонг Жеонг,
Ын Ёонг Янг, Мёнг Чеол Чо*

Отдел овощных культур, Национальный
научный институт плодовоовощеводства и
лекарственных растений, Администрация раз-
вития сельского хозяйства
г. Вонжу, Южная Корея

* Корреспондент автор: chomc@korea.kr

Вклад авторов: концептуализация, М.С.С., Н.Б.Ж., Е.Е.Е. и С.Н.Р.; методология, М.С.С., С.Н.Р. и Н.Б.Ж.; исследование, С.Н.Р. и Н.Б.Ж.; написание – подготовка оригинальной рукописи, С.Н.Р., Н.Б.Ж. и М.С.С.; написание, рецензирование и редактирование, М.С.С., Е.Е.Е., Н.Б.Ж. и С.Н.Р.; визуализация, С.Н.Р., Н.Б.Ж. и М.С.С. просмотр. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Финансирование: Данное исследование было поддержано грантом (Проект №: PJ0157022021 «Разработка оптимальной технологии выращивания томата с использованием холодильной камеры») Национального научного института плодовоовощеводства и лекарственных растений Администрации развития сельского хозяйства.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Rajametov S.N., Jeong H.-B., Yang E.-Y., Cho M.-C. The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):12-20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-12-20>

Поступила в редакцию: 12.02.2024

Принята к печати: 28.02.2024

Опубликована: 25.03.2024

The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato

Check for updates



ABSTRACT

Relevance. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important vegetables in the world. Every year the number of identified viruses and diseases increases, infection with which causes significant crop losses and significantly worsens the quality of agricultural products, especially in tomatoes.

Material and methods. In the present study we compared the growth of the vegetative and reproductive traits of tomato plants ‘Dokia’, ‘TY Red 250’ and ‘Pilabi’ grafted onto bacterial wilt (caused by *Ralstonia solanacearum*) and *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*) diseases tolerant rootstock “Spider” (Takii seed, Japan). The non-grafted (control - CT) and grafted tomato plants (GR) were transplanted on 4 March of 2021 to the four season (vinyl) greenhouse on substrate perlite (mixture of perlite no.1 and no.3) and cultivated until September 20.

Results. The results showed that responses of the tomato cultivars to grafting combination was different, where agronomical traits depends on the each cultivar’s features can be ranged. The reduction of the values of stem diameter (SD), leaf length and width (LW), fresh fruit weight (FFW), fruit diameter (FD), fruit pericarp thickness (FPT) and fruit hardness (FH) with aging of plants and rising ambient temperature was detected. However, fruit soluble solids among all cultivars regardless of treatments were slightly increased. The index of fruit yield per truss (FYT) significantly decreased among all cultivars after 10th truss regardless of the treatments when the daily temperature increased from July to August. In grafted tomato ‘TY Red 250’ were identified the highest fruit yield per plants (FYP) than in CT plants, whereas in other tomatoes did not found similar differences between CT and GR plants.

KEYWORDS:

tomato, rootstock, scion, plant, stem, leaf, flowering, fruit, yield, hardness, soluble solids

Влияние прививки на вегетативно-репродуктивные признаки томата

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Томат (*Solanum lycopersicum* L.) является одной из важнейших овощных культур в мире. С каждым годом увеличивается количество выявленных вирусов и болезней, заражение которыми приводит к значительным потерям урожая и существенно ухудшает качество сельскохозяйственной продукции, особенно томатов.

Материал и методы. В настоящем исследовании сравнили рост вегетативных и репродуктивных параметров растений томата ‘Dokia’, ‘TY Red 250’ и ‘Pilabi’, закультивированные к подвою ‘Spider’, устойчивому к бактериальному увяданию (вызванному *Ralstonia solanacearum*) и фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum*) (Takii seed, Япония). Непривитые (контроль – СТ) и привитые растения томата (GR) 4 марта 2021 года были пересажены в четырехсезонную (виниловую) теплицу на перлитовый субстрат (смесь перлитов №1 и №3) и культивировали до 20 сентября.

Результаты. Результаты показали, что реакция сортов томата на сочетание прививки была разной, при этом агрономические особенности можно ранжировать в зависимости от особенностей каждого сорта. Выявлено уменьшение значений диаметра стебля (SD), длины и ширины листа (LW), массы плодов (FFW), диаметра плода (FD), толщины околоплодника плода (FPT) и твердости плода (FH) с возрастом растений и повышением температуры окружающей среды. Однако содержание растворимого сухого вещества в плодах среди всех сортов, независимо от варианта, было немного увеличено. Показатель продуктивности плодов с одной кисти (FYT) после 10-й кисти значительно снизился среди всех сортов независимо от вариантов при повышении дневной температуры с июля по август. У привитого томата ‘TY Red 250’ выявлена самая высокая продуктивность (FYP) с растения, чем у растений в СТ, тогда как у остальных сортов томата не обнаружено подобных различий между растениями в СТ и GR.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, подвой, привой, растения, стебля, листья, цветение, плод, урожайность, твердость плода, растворимые вещества

Introduction

Global climate changing and a gradual increase in the world's population are posing new challenges to scientists to solve food security. In recent decades, the primary objective of agriculture was to increase the yield and productivity, where new investigations have created a chance to improve yield and quality of products based on an accurate genotype selection, optimization of environmental conditions and agricultural practices such water and fertilization management, growth system, harvesting stage and grafting techniques in horticulture [1-5].

Nowadays, with developing greenhouse technologies, there is a significant opportunity to increase production of agricultural crops during all season. However, investigation and applying new technologies in practice at greenhouses is actual and needs to be continued. According to recent studies, the rootstock plays an important role in production of tomatoes [3-7], since grafting technique rapidly develops in order to increase the yield of vegetables in greenhouses and open ground, mainly in order to combat adverse biotic factors such as pests and diseases, and biotic factors salinity, extreme temperatures, drought and reduced fertilization [1,3,4,6-8].

Meanwhile, in literature there are several conflicting reports on changes in growth and productivity and fruit quality due to grafting among tomatoes [3,9], therefore depending on the using of grafting technique and plant materials (scion and rootstocks) the investigations in this area should be continued. Moreover, it was reported that the rootstock-scion combination may alter the amounts of hormones produced and their influence on sex expression and flowering order of grafted plants [10], or, on the contrary, flowering and harvesting may delayed [11,12].

Furthermore, recently it was recommended, that the growing system and different environmental conditions should be taken into consideration when evaluating the effects of grafting on quality [2].

Therefore, the aim of the present paper is to identify the influence of the rootstock "Spider" (Takii seed, Japan) on vegetative and reproductive traits by using grafting technique in tomato (red type) cultivars 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' in greenhouse cultivation season spring-summer.

Materials and Methods

Plant material and growth conditions

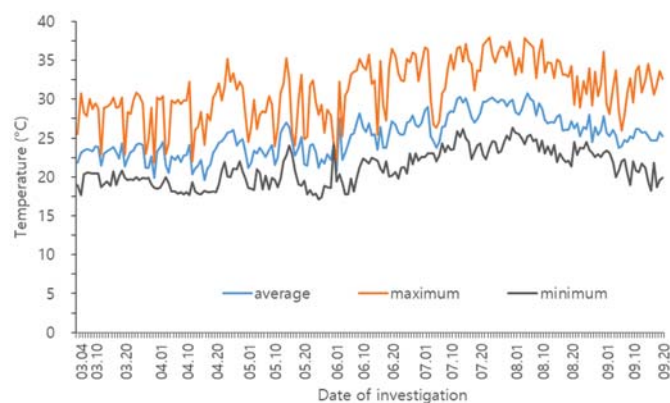
Indeterminate tomato cultivars 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' having red fruit color, round shape with average fruit weight 300, 280 and 270 grams respectively were used as scion and grafted on bacterial wilt (caused by *Ralstonia solanacearum*) and Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum*) diseases tolerant rootstock "Spider" (Takii seed, Japan). Vegetative grafting of tomato seedlings was performed when the stem diameter reached 1.6-1.8 mm in the phase of 2-3 true leaves. As a control, non-grafted plant varieties were used.

All tomato cultivars seedlings grafted (GR) and non-grafted (control, CT) having the first truss were transplanted with spacing between plants 30 cm on 4 March

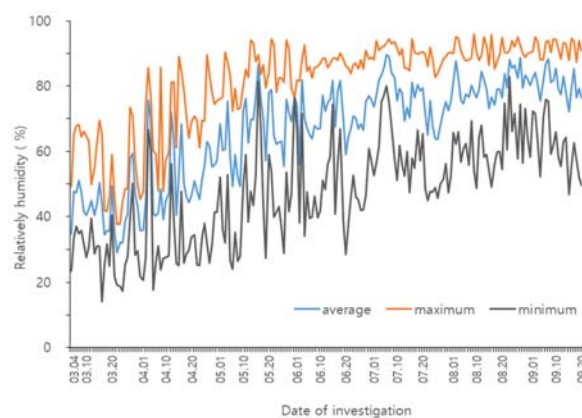
of 2021 to the four season greenhouse on substrate perlite (mixture of perlite no.1 and no. 3). Investigations were continued until September 20 of 2021. The structure of the four season greenhouse (covered with vinyl) which was built in 2020, has a length 135 m, width 40 m, height in center 14 m and in both lateral parts 4.7 m and total area was 5400 m². In each truss were left on 3-4 normal fruits.

Temperature and relatively humidity regulations

The daily minimum and maximum temperatures and relatively humidity was monitored and recorded in greenhouse during the period of the tomato plants cultivation using data logger (WatchDog 1450, Spectrum Technologies Inc., Aurora, USA). The maximal temperature over 30°C were detected from June to August and the minimal below 20°C from March to May (Figure S1). Cooling system- Forced ventilation (open above 25°C), cooling through fog system (on above 28°C). In general, daily average temperature was within 24...28°C. The average relative humidity (RH) was kept within approximately 40%-80% in greenhouse during growth period, respectively (Figure S2).



Supplemental Figure 1. The daily temperature ranging in greenhouse during the tomato growing season in spring-summer. Data was recorded with one hour interval from March 04 to September 20 in 2021.



Supplemental Figure 2. The daily relatively humidity ranging in greenhouse during the tomato growing season in spring-summer. Data was recorded with one hour interval from March 04 to September 20 in 2021.

Diseases and pest controls

Diseases and pest controls were conducted as described below. Briefly, pesticide alternating 9 chemicals were used with interval once a week- Jijon,

Farmhannong, Spiromesifen 20% Maestro, Seongbo chemical, Buprofezin 20% Hero, Hankooksamgong, Buprofezin 12.5% Benebia, Farmhannong, Cyantraniliprole 10% Phantom, Nonghyup chemical, Dinotefuran 20% Raimon, Hankooksamgong, Novalturon 10% Transform, Farmhannong, Sulfoxaflor 7% Rempeiji, Hankooksamgong, Chlorofenapyr 5% Captin, Kyungnong, Fluxametamide 9%.

Irrigation and fertigation managements

Drip irrigation systems are used 1 hour after sunrise and 1.5 hour before sunset with interval 100J integrated solar radiation and watered 200-250 mL per plant in each time, within 6 to 12 times per day. Moreover, fertilizers were diluted with the ratio to 1 000 liter of water (KCl – 4.0 kg; 5{Ca(NO₃)₂·2H₂O}.NH₄NO₃ – 44.2 kg; KNO₃ – 22.0 kg; Fe EDTA (13%) – 1.46 kg; KH₂PO₄ – 21.46 kg; MgSO₄·7H₂O – 55.73 kg; K₂SO₄ – 30.36kg; KNO₃ – 24.76 kg; MnSO₄·H₂O – 245.0 g; ZnSO₄·7H₂O – 173.0 g; H₃BO₃ – 297.0 g; CuSO₄·5H₂O – 21.0 g and Na₂MoO₄·2H₂O – 13.0 g) for fertigation of tomato plants. Electrolyte conductivity of the supplied water was within 2.5-2.8 dS/m and pH 5.5-5.8.

Data collections

The twelve independent biological plants from CT and GR plants were randomly selected among one hundred twenty plants for measurement the vegetative and reproductive parameters. The vegetative parameters including plant height (PH), stem diameter (SD), and length and width of leaf (LL and LW) were measured. The PH were started to record on 15day after transplanting (DAT) of seedlings, and then with interval 30 days were measured until 150 DAT. The dimension of the SD and LL and LW were done within 2nd, 5th, 10th and 15th truss (the first leaf below truss). Days to flowering were also recorded from 2nd, 5th, 10th and 15th truss, when 3/1 part of flowers were opened. Small and abnormal fruits were removed from each truss and within 3-5 of normal fruits were left in each truss. The fruit yield per truss (FYT) and per plant (FYP) were measured from the first to the fifteen trusses. Twelve fruits of each treatment were randomly collected from 2nd, 5th, 10th and 15th truss of plants in CT and GR were measured the fresh fruit weight (FFW), fruit length (FL), fruit diameter (FD), fruit hardness (FH), fruit pericarp thickness (FPT), fruit soluble solids (FSS) using a digital electron Micro Weighing Scale MW-II (CAS), a ruler, a caliper and refractometer (°Brix, ATAGO, Japan), respectively.

Data analysis

The experimental design of this study was completely randomized. Mean values of vegetative and reproductive parameters between CT and GR plants were compared with a significance level of 5% using Duncan's multiple range test which performed using the SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute Inc., NC, USA), and the Student's t-test at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.001$ levels by using EXCEL 2016 software (Microsoft Co. Ltd., USA).

Results

Effect of the grafting on the vegetative traits

The vegetative parameters including PH, SD, LL and LW were investigated among tomato cultivars 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' in CT and GR treatments. Evaluation of the effect of rootstock on growth rate of tomatoes showed different response, where PH significantly reduced in plants of 'Dokia', which were grafted on 'Spider' rootstock and this trend was persisted during all growth period (Fig. 1A). While, in contrast, the index of PH was significantly decreased in CT plants of 'TY Red 250', but this tendency was persisted for 90 DAT and then observed no significant difference between CT and GR plants (Fig. 1B). Meanwhile, the significant difference of the PH no identified between both treatments in plants of 'Pilabi' (Fig. 1C).

The effect of rootstock on SD was different depending on the tomato cultivars and growth period, where regardless of treatment and cultivars the index of SD showed reduction with rising of the ambient temperature and aging of plants. During all growth period, there was not observed significant difference in SD between plants of 'TY Red 250' and 'Pilabi' under CT and GR conditions (Fig. 1E and F), whereas in 'Dokia' was identified significant reduction of SD in GR plants compared to non-grafted within 5-10 truss (Fig. 1D).

Comparison of the reduction of the SD values between 2nd and 15th truss among tomatoes during cultivation period showed that in grafted plants of 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' were found the highest decline of the SD values on 70.4, 77.2 and 70.2%, respectively, whereas in CT plants it reduced within on 68.6, 70.8 and 63.0%, respectively. It means that in all grafted tomato plants were observed remarkable reduction of the SD with aging of plants, than in CT treatment plants.

Next, estimation the effect of grafting on the LL and LW showed different response in tomato cultivars and as mentioned above in measurement of the SD the values of the LL and LW were declined regardless of treatment and cultivars during the growth period. The values of the LL and LW were significantly reduced in GR plants of 'Dokia' in the beginning of the growth and in the end compared to CT (Fig. 1G and J), but there no identified differences between the 5th and 10th truss in both treatments. While, in tomatoes 'TY Red 250' and 'Pilabi' practically no observed significant difference in values of the LL and LW in CT and GR plants (Fig. 1H, I, K, L), except for the cultivar 'TY Red 250' (Fig. 1H).

As mentioned above in measurement of the growth rate of SD, the LL and LW index regardless of the cultivars and treatments were declined with aging of plants on 15th truss. However, there no identified big difference in reduction of the index LL between CT and GR plants among tomatoes 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi', where the percentage of differences between 2nd and 15th truss were within 23.7-24.7%, 35.1-35.6% and 29.2-30.3%, respectively. And, the same trend was persisted in the investigation of the LW index, where it declined among cultivars within 38.1-38.2, 45.6-46.6 and 46.4-46.3%, respectively.

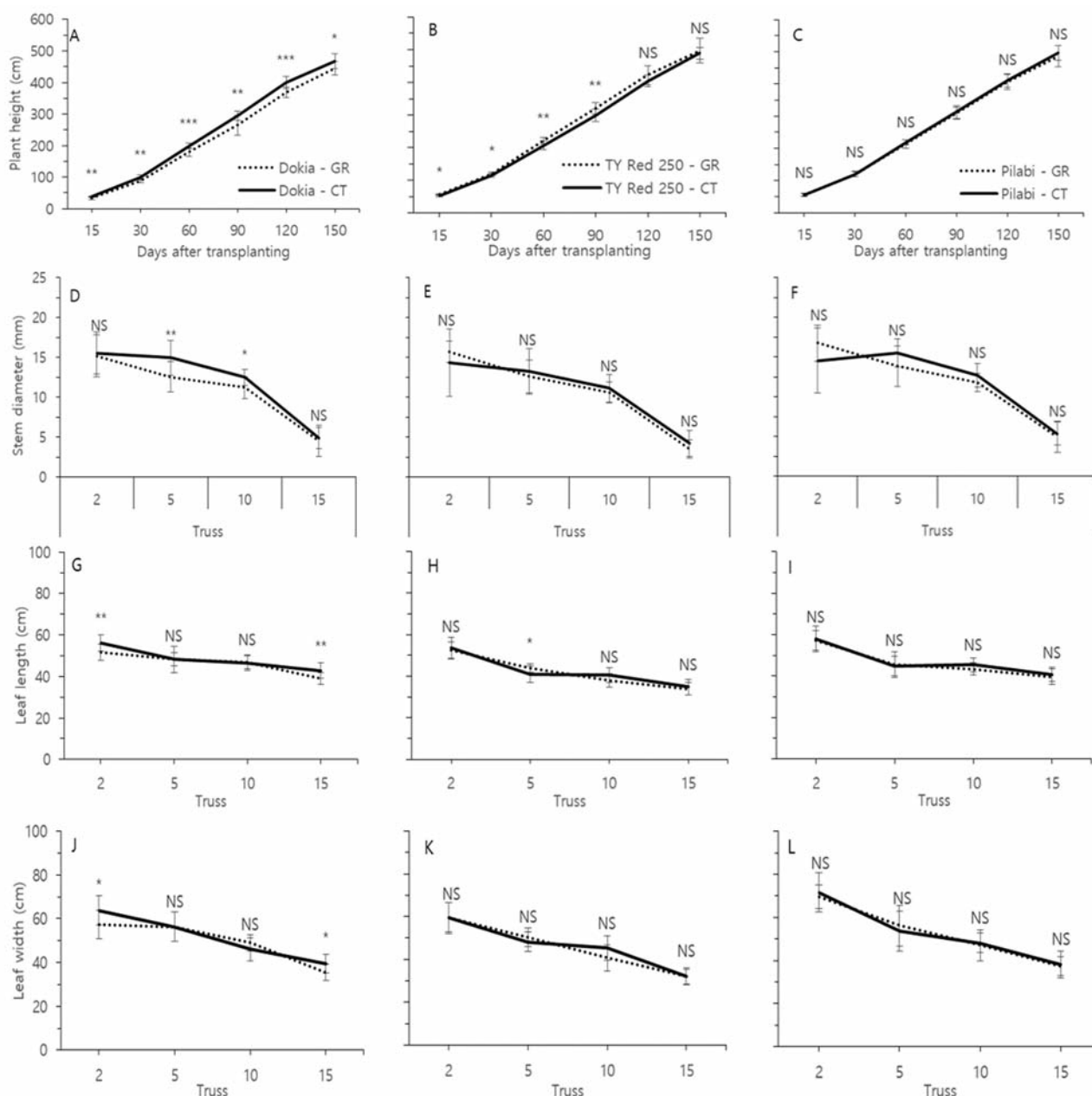


Figure 1. The effect of rootstock on plant height, stem diameter, leaf length and width among tomato cultivars- 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi'. Significant differences were evaluated with Student's *t*-test ($p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, and $p \leq 0.001$) and denoted by *, **, and *, respectively. NS indicates not significant and bars indicate $\pm$ standard deviation ($n=12$)**

Effect of the grafting on the reproductive traits

As well known, the reproductive parameters of agricultural crops are used as the main indicator for evaluation the plants response on the abiotic and biotic stress. Before introduction the grafting techniques into agriculture sector the estimation of the effects of the different rootstocks on reproductive traits such as floral and fruit organs development is playing important role.

Therefore, in the present research, we studied the beginning of flowering between CT and GR plants among tomato cultivars. Thus, on 2nd and 5th truss growth stage were identified significantly early flowering in GR plants among tomato cultivars in comparison with CT ones, except in truss 5th of 'TY Red 250' (Table 1). While, in the next 10 and 15th truss were observed not remarkable difference in flowering between CT and GR plants. In general, the lowest duration of flowering within 93.6 days between 2nd and 15th truss growth stage were determined in CT

plants of 'Pilabi' and the longest within 101.3 days in 'Dokia' in combination with rootstock 'Spider'.

The results reveal that regardless of the tomato cultivars in combination with rootstock the fruit yield index per truss was reduced significantly with aging of plants, especially it was characteristic for all tomatoes regardless of treatment from 8th truss (Fig. 2). On the other hand, almost no significant differences were observed in the FYT in CT and GR plants among all tomatoes, except in some cases, where in GR plants of 'TY Red 250' were harvested higher yield from 1st, 5th, 6th and 7th truss than in CT (Fig. 2B), and only in 2nd truss from 'Dokia' (Fig. 2A) and in 15th truss from 'Pilabi', respectively (Fig. 2C).

The significant differences in reduction of the index FYT between CT and GR plants among tomatoes 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' were identified with aging of plants, where the percentage of differences in reduction between 2nd and 15th truss were within 67.4-74.8%, 83.5-81.1% and 53.4-80.5%, respectively.

Table 1. Flowering date among tomatoes in four season greenhouse

Cultivars	Truss				Duration of the flowering from 2 nd to 15 th truss, days
	2	5	10	15	
Dokia - CT	32.1±1.6b	52.2±2.2ab	92.8±4.8b	130.9±7.2a	98.8
Dokia - GR	29.6±3.5c	51.6±3.2b	93.2±3.9b	130.9±6.1a	101.3
TYRed 250 - CT	34.0±2.2ab	53.9±4.2ab	97.6±5.7a	131.6±5.46a	97.6
TYRed 250 - GR	32.0±1.5b	52.0±1.7ab	93.0±3.5b	129.9±4.7a	97.9
Pilabi - CT	35.6±2.9a	54.3±3.4a	95.3±5.6ab	129.2±5.0a	93.6
Pilabi - GR	33.0±2.1b	52.8±2.3ab	93.9±5.2ab	130.2±6.5a	97.2

Notice: Different letters within columns indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$), values are mean $\pm$ standard deviation ($n=12$)

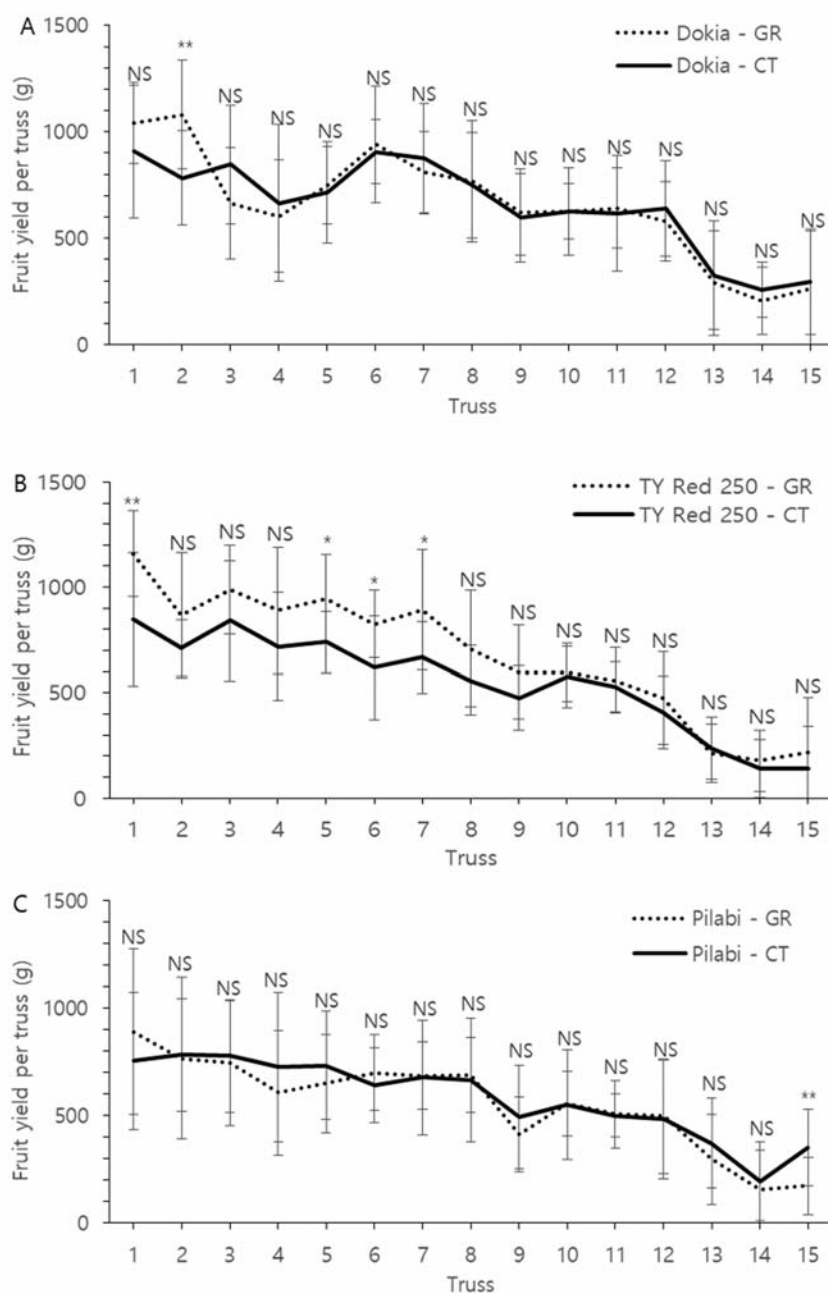


Figure 2. The effect of rootstock on fruit yield per truss among tomato cultivars (A - Dokia, B - TY Red 250 and C - Pilabi). Significant differences were evaluated with Student's t-test ($p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$) and denoted by * and **, respectively. NS indicates not significant and bars indicate $\pm$ SD ($n=12$)

Table 2. Yield parameters in tomato cultivars between grafted and non-grafted plants

Cultivar	Treatment	Average fruit yield per truss (g)	Difference, %	Fruit yield per plant (kg)	Difference, %
Dokia	Control	655.6±78.4 a		9.43±1.11 a	
	Grafted	653.5±63.2 a	-0.3	9.51±1.09 a	0.8
TYRed 250	Control	543.8±78.1 b		7.88±1.35 b	
	Grafted	667.6±91.4 a	22.8	9.82±1.88 a	24.5
Pilabi	Control	570.3±105.0 b		8.12±1.82 b	
	Grafted	562.0±85.9 b	-1.5	8.07±1.45 b	-0.7

Notice: Average fruit yield per truss and plant data were calculated from 1st to 15th trusses. Different letters within columns indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$), values are mean $\pm$ standard deviation ($n = 12$)

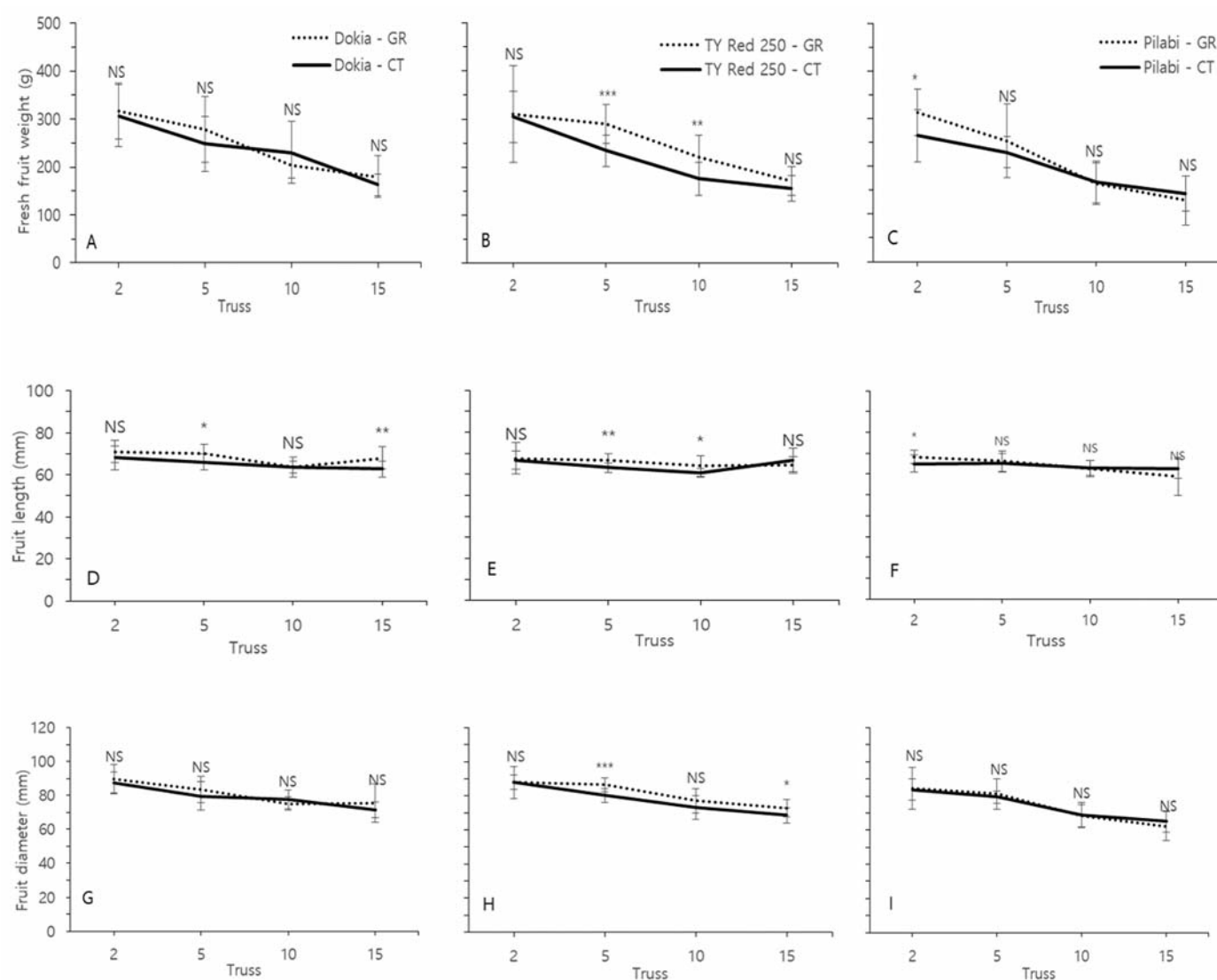


Figure 3. Changing of the fresh fruit weight and size parameters in tomato cultivars 'Dokia', 'TYRed 250' and 'Pilabi' between grafted and non-grafted plants, in fruits collected from 2nd, 5th, 10th and 15th trusses. Significant differences were evaluated with Student's t-test ($p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.001$) and denoted by *, ** and ***. NS indicates not significant and bars indicate $\pm$ SD ($n = 12$)

Tomato plants of 'TY Red 250' growing on rootstock 'Spider' produced a bigger yield of fruits per truss and per plant 667.6 gram and 9.82 kg than non-grafted on 22.8 and 24.5% higher, respectively (Table 2). While, in tomatoes 'Dokia' and 'Pilabi' no identified significant differences in CT and GR plants and the highest stable yield per truss and plants were harvested in 'Dokia'.

Effect of the grafting on the fruit quality traits

The results of the current evaluations concerning fruit quality composition showed the regardless of the treatments and tomato cultivars the index of FFW slightly decreased in the end of the study on the 15th truss, but there persisted the varietal distinction (Fig. 3). Thus, rootstock had no significantly effect on FFW in 'Dokia' during all growth period (Fig. 3A), whereas in 'Pilabi' at the beginning of the growth stage on the 2nd truss the rootstock had a stronger affected on the index of FFW and it was significantly increased than in CT (Fig. 3C), but in the next growth periods there no found differences.

Fruits picked in GR plants from 5th and 10th truss of 'TY Red 250' were characterized with a high index of weight compared to CT (Fig. 3B). In general, with aging of tomato plants in the end of study (15th truss) were determined significantly reduction of the index of FFW in comparison with fruits picked in the beginning of the growth stage (2nd truss), where it was decreased on 46.9-43.2% in 'Dokia', on 49.0-44.9% in 'TY Red 250', and on 45.8-59.0 % in 'Pilabi', respectively in CT and GR plants.

Investigation of the effect grafting on the fruit size showed that depends on the growth stages of cultivars was varied. With aging of plants there no observed the significantly reduction of the FL values among cultivars in both treatments. It should be noted that in tomato cultivars 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' grafted on the 'Spider' rootstock, the FL values were higher in 5th and 15th truss (Fig. 3D), 5th and 10th (Fig. 3E), and only in 2nd truss (Fig. 3F) than in CT plants, respectively.

The effect of grafting technique on the FD in CT and GR plants was not significantly different for 'Dokia' and 'Pilabi' during all growth period (Fig. 3G and I), except for 'TY Red 250' (Fig. 3H). As mentioned above in the measurement of FL, the grafting significantly increased the FD in the fruits of cv. 'TY Red 250' located in the 5th and 15th truss.

Almost the same pattern was found in estimation of the FPT in CT and GR plants of tomatoes 'Dokia' and 'Pilabi', where no identified significantly affect of the rootstock on the index of FPT during all growth stages (Fig. 4A and C), except 'TY Red 250' where in fruits harvested only from 10th truss of GR plants were observed higher values (Fig. 4B). On the whole, in the end of study (15th truss) compared to the 2nd truss the index of FPT in 'Dokia', 'TY Red 250' and 'Pilabi' reduced on 16.9-19.1%, on 25.2-24.3% and on 29.9-33.3%, respectively between CT and GR plants.

Measurement of the FH showed also the reduction it in both treatments with aging of plants but there was persisted varietal

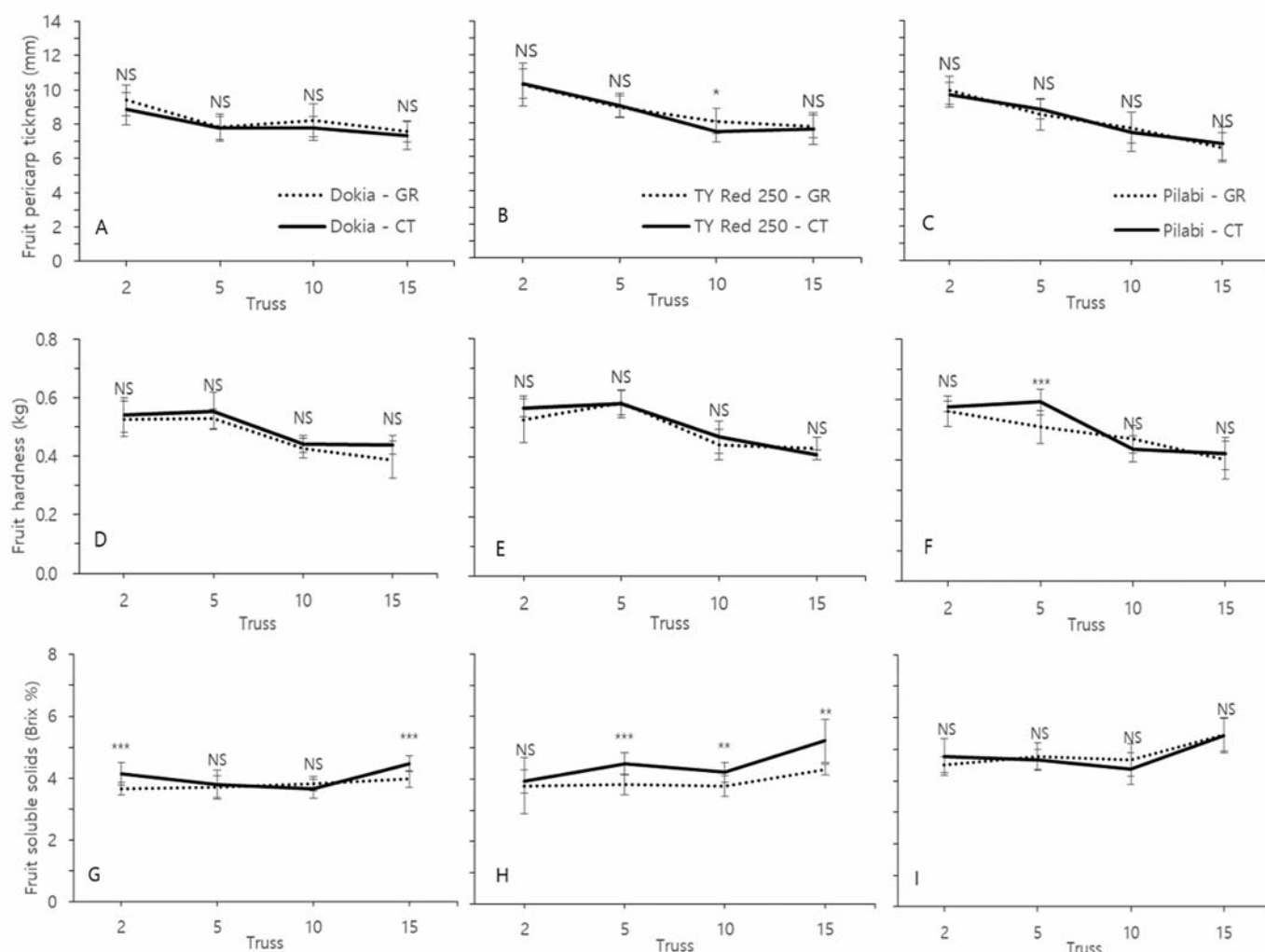


Figure 4. Changing of the fruit pericarp thickness, hardness and soluble solids parameters in tomato cultivars 'Dokia', 'TYRed 250' and 'Pilabi' between grafted and non-grafted plants, in fruits collected from 2nd, 5th, 10th and 15thtrusses. Significant differences were evaluated with Student's t-test ($p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.001$) and denoted by *, ** and ***. NS indicates not significant and bars indicate $\pm SD$ ($n=12$)

differences. Textural firmness traits of fruits picked from plants of 'Dokia' and 'TY Red 250' regardless of treatments was not remarkable varied during all experiment period (Fig. 4D and E), except tomato 'Pilabi' (Fig. 4F). In general, in the end of study (15th truss) compared to the 2nd truss the index of FH reduced on 18.5-26.4% in 'Dokia' between CT and GR plants, on 28.1-18.9% in 'TY Red 250', and on 31.0-25.0% in 'Pilabi', respectively.

The fruit soluble solids concentrations were slightly increased among CT and GR plants with rising the ambient temperature, but there were persisted varietal differences. Thus, in fruits of 'Dokia' was observed degradation of FSS index in GR plants in the beginning (2nd truss) and in the end of evaluation (15th truss) than in CT (Fig. 4G), while the fruits of 'TY Red 250' from GR plants accumulated high index of FSS from 5th to 15th truss than plants from CT (Fig. 4H). Meanwhile, in fruits of 'Pilabi' no observed significant differences in accumulation of the FSS between CT and GR treatments during all growth period (Fig. 4I). On the whole, comparison of the increasing the values in FSS from 2nd truss to 15th truss showed that it was grew up on 9.8-8.1% in 'Dokia' between CT and GR plants, on 33.3-13.2% in 'TY Red 250', and on 12.5-22.2% in 'Pilabi', respectively.

Discussion

On the basis of the results obtained from this study, the rootstock effect on the vegetative and reproductive traits varied according to the features of the each genotype (scion). Several studies have shown that the growth, yield and fruit parameters of tomato may be affected by their genetic potential, environmental and cultivation technologic factors including the grafting [2-5,9,11,13]. The present research demonstrated that the effect of the grafting are different and depending on the cultivar and growth period can be varied [17,18]. Thus, the rootstock negatively affects the PH in tomato plants 'Dokia' but positively in cv. 'TY Red 250', while in CT and GR plants of 'Pilabi' showed no differences (Fig. 1).

Almost the same pattern was found in study the SD among tomatoes, where the grafting significantly reduced the index of SD in the mid of the growth stages in plants of 'Dokia' (Fig. 1), whereas other tomato cultivars did not show any variation during growth period. This is consistent with previous reports, where using grafting technique may positive or negative effect on growth rate and stem diameter in tomatoes [17-19].

Regardless of the cultivars and treatments the SD values were significantly decreased with aging of plants and like that pattern was identified in measurement of the vegetative traits LL, LW and in reproductive FFW, FD, FPT and FH. Presumably this might be due to mainly from the misbalance in metabolites and osmotic balance [13-16,19]. Additionally, our results demonstrate that the leaf parameters for the scion practically was not significantly affected by rootstock [18,21], whereas this contrary with a other reports where the rootstock increased the leaf area [19,22].

Nevertheless, little is known about the effect of tomato rootstock on flowering. Investigation of the effect rootstock on the beginning flowering time among tomatoes showed different response of the cultivars in combination with grafting and non-grafting, where the significant reduction in the days to flowering were identified in plants grafted onto rootstock 'Spider' in all studied tomatoes (Table 1). However, in the next growth period the differences between CT and GR plants were reduced, and in the end of experiment there no significant differences in the

days to flowering among all cultivars and treatments were observed [21].

Grafted and non-grafted plants were characterized by a similar FYT during all cultivation period, except in GR plants 'TY Red 250' which produced a higher yield per truss in 1st, 5-7th (Fig. 2B). However, the FYT depending on the cultivars regardless of the treatments showed significantly reduction from 10-12th trusses, when the daily temperature in July and August was sufficiently higher over 30°C. While, as well as, the high sub-optimal temperatures tended to significantly effect on floral organs development and reduced the fruit set ratio among tomato cultivars, regardless of heat tolerant rate [23-26]. On the whole, index of FYT and FYP was increased significantly in grafted plants of 'TY Red 250' (Fig. 2B), whereas no significant differences were observed in 'Dokia' and 'Pilabi' from CT and GR plants (Fig. 2A and B). The differences observed in evaluation of the productivity probably reported recently, where grafting may increase [1,8,21,27,28], decrease [2,27,29] or either did not affect [30,31] of the yield in tomatoes and associated with physiological compatibility between scion and rootstock with response to the cultivation conditions [4,18,32,33].

Meanwhile, the grafting technique had a strong effect on the FFW in 'TY Red 250' (Fig. 3B), while in contrast this result, FFW no significantly affected by a rootstock in tomatoes 'Dokia' and 'Pilabi' (Fig. 3A and C). Similar different results in tomatoes were obtained in reports [2,14,18,21,28]. Moreover, almost the same differences in measurement of the fruit quality were observed in FL and FD, where depends on the scion and rootstock it was varied during growth period. It should be noted, with aging of the tomato plants and ambient temperature the fruit quality parameters such as FFW, FL, FD, FPT and FH were slightly decreased, except the index of FSS. Additionally, previous results show that the fruit size of vegetable crops are often influenced [3,18,21,34] or unaffected [35-37] by grafting combination.

There no identified significant difference in measurement of the FPT among CT and GR plants, except in fruits of 'TY Red 250' harvested from 10th truss (Fig. 4B). The investigated rootstock also no significantly affected the FH, except in fruits of tomato 'Pilabi' from 5th truss (Fig. 4F).

However, the results of the current investigations concerning fruit soluble solids rate showed the ambient temperature a stronger effect on the tomatoes, where it was slightly increased among all cultivars (Fig. 4G-I). Especially, FSS were significantly increased in CT fruits of 'TY Red 250' with rising the daily temperature, whereas in grafted plants it showed the contrary pattern. While, in fruits of 'Dokia' this trend were identified in the beginning and the end of the investigation. Such as genotypic differential responses in accumulation of the FSS in grafted and non-grafted tomato plants were observed recently [1,18,21,28].

Conclusions

In general, we can conclude that using rootstock may affect positively or negatively the growth rate of tomato cultivars, but cultivating continuously of tomato plants may contribute significantly reduction in values of the agronomical traits such as SD, LL, LW, FFW, FD, FPT and FHD, while the index of FSS in all cultivars regardless of treatments with the rising of the ambient temperature was slightly increased. The optimal cultivation period for tomato cultivars grafted and non-grafted was limited until 10 truss. Since, decreasing the

vegetative traits values with aging of plants might be the main obstacle to the development of fruits and to a decrease in yield. We assume that with aging of plants regardless of treatments the plants of tomato will find it difficult to absorb the nutrients and water which may destroy the osmotic balance and on the whole lead to a physiological imbalance. Tomato

rootstock “Spider” had a positive effect on the yield per truss and plant and the improvement of FFW, FL and FD traits in ‘TY Red 250’, but negatively affected the index of FSS. While, in ‘Dokia’ and ‘Pilabi’ tomatoes no observed sufficient differences in the improvement of the quality parameters by rootstock.

• References / Литература

1. Fernández-García N., Martínez V., Cerdá A. & Carvajal M. Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2004;79(6):995-1001. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511880>
2. Krumbein A., Schwarz D. Grafting: A possibility to enhance health-promoting and flavour compounds in tomato fruits of shaded plants? *Scientia Horticulturae*. 2013;149:97–107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.003>
3. Roupheal Y., Schwarz D., Krumbein A., Colla G. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*. 2010;127:172–179. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001>
4. Fernandez-Garcia N., Martinez V., Cerdá A., Carvajal M. Water and nutrient uptake of grafted tomato plants grown under saline conditions. *Journal of Plant Physiology*. 2002;159:899–905. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00652>
5. Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 2003;83(5):369–382. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1370>
6. Lopez-Perez J.A., Le Strange M., Kaloshian I., Ploeg A.T. Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Prot.* 2006;(25):382–388. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.07.001>
7. Venema J.H., Dijk B.E., Bax J.M., van Hasselt P.R., Elzenga J.T.M. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 2008;63(1-3):359–367. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.12.015>
8. Rivard C.L., Louws F.J. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *HortScience*. 2008;43(7):2104–2111. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.2104>
9. Flores F.B., Sanchez-Bel P., Estand M.T., Martinez-Rodriguez M.M., Moyano E., Morales B., Campos J.F., Garcia-Abellan J.O., Egea M.I., Fernandez-Garcia N., Romojaro F., Bolarin M.C. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*. 2010;125(3):211–217. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026>
10. Satoh S. Inhibition of flowering of cucumber grafted on rooted squash rootstocks. *Physiologia Plantarum*. 1996;(97):440–444. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3054.1996.tb00501.x>
11. Davis A.R., Perkins-Veczse P., Hassell R., Levi A., King S.R., Zhang X. Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*. 2008;(43):670–1672. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1670>
12. Yamasaki A., Yamashita M., Furuya S. Mineral concentrations and cytokinin activity in the xylem exudates of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1994;62(4):817–826. <https://doi.org/10.2503/jjshs.62.817>
13. Schwarz D., Oztekin G.B., Yukzel T., Bruckner B., Krumbein A. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae*. 2012;149(4):70–79. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.013>
14. Santa-Cruz A., Martinez-Rodriguez M., Perez-Alfocea F., Romero-Aranda R., Bolarin M.C. The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. *Plant Science*. 2002;162(5):825–831. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00030-4)
15. Neumann P. Salinity resistance and plant growth revised. *Plant Cell Environ.* 1997;(20):1193–1198. <https://doi.org/10.10046/j.1365-3040.1997.d01-139.x>
16. Perez-Alfocea F., Estand M.T., Caro M., Guerrier G. Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* under NaCl and polyethylene glycol 6000 iso-osmotic stresses. *Physiologia Plantarum*. 1993;(87):493–498.
17. Lee J.M., Kubota C., Tsao S.J., Bie Z., Echevarria P.H., Morra L., Oda M. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*. 2010;127(2):93–105. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003>
18. Riga P. Effect of Rootstock on Growth, Fruit Production and Quality of Tomato Plants Grown Under Low Temperature and Light Conditions. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2015;56(5):626–638. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0042-0>
19. Rahmatian A., Delshad M., Salehi R. Effect of grafting on growth, yield and fruit quality of single and double stemmed tomato plants grown hydroponically. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2014;(55):115–119. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0167-6>

20. Venema J.H., Dijk B.E., Bax J.M., van Hasselt P.R., Elzenga J.T.M. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 2008;63(1-3):359–367. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.12.015>
21. Lee H., Hong K.H., Kwon D.H., Cho M.C., Lee J.G., Hwang I., Ahn Y.K. Changes of Growth and Yield by using Rootstocks in Tomato. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 2020;29(4):456–463. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2020.29.4.456>
22. Ntatsi G., Savvas D., Klaring H.P., Schwarz D. Growth, yield, and metabolic responses of temperature-stressed tomato to grafting onto rootstocks differing in cold tolerance. *American Society for Horticultural Science*. 2014;139(2):230–243. <https://doi.org/10.21273/JASHS.139.2.230>
23. Rajametov S.N., Yang E.Y., Jeong H.B., Cho M.C., Chae S.Y., Paudel N. Heat Treatment in Two Tomato Cultivars: A Study of the Effect on Physiological and Growth Recovery. *Horticulturae* 2021;7(5):119. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050119>
24. Xu J., Wolters-Arts M., Mariani C., Hube H., Rieu I. Heat stress affects vegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Euphytica*. 2017;(213):156. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1949-9>
25. Rajametov S., Yang E.Y., Cho M.C., Chae S.Y., Chae W.B. Physiological traits associated with high temperature tolerance differ by fruit types and sizes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2020;(61):837–847. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00280-4>
26. Ro S., Chea L., Ngoun S., Stewart Z., Roemun S., Theam P., Lim S., Sor R., Kosal M., Roemun M., et al. Response of tomato genotypes under different high temperatures in field and greenhouse conditions. *Plants*. 2021;10(3):449. <https://doi.org/10.3390/plants10030449>
27. Gajc-Wolska J., Kowalczyk K., Marcinkowska M., Radzanowska J., Bujalski D. Influence of growth conditions and grafting on the yield, chemical composition and sensory quality of tomato fruit in greenhouse cultivation. *Journal of Elementology*. September 2015;20(1):73–81. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.4.565>
28. Mavlyanova R.F., Lyan E.E., Karimov B.A., Dubinin B.V. The vegetative grafting effect on increasing tomato fruit Quality. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020;(613):012077. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012077>
29. Okimura M., Matso S., Arai K., Okitsu S. Influence of soil temperature on the growth of fruit vegetable grafted on different stocks. *Bull. Veg. Orn. Crops Res. Stn. Jpn.* 1986;(C9):43–58.
30. Savvas D., Savva A., Ntatsi G., Ropokis A., Karapanos I., Krumbein A., Olympios C. Effects of three commercial rootstocks on mineral nutrition, fruit yield, and quality of salinized tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2011;(174):154–162. <https://doi.org/10.1002/jpln.201000099>
31. Barrett C.E., Zhao X., Sims C.A., Brecht J.K., Dreyer E.Q., Gao Z. Fruit composition and sensory attributes of organic heirloom tomatoes as affected by grafting. *HortTechnology*. 2012;(22):804–809. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.6.804>
32. Leonardi C., Giuffrida F. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. *European Journal of Horticultural Science*. 2006;71(3):97–101. <https://www.jstor.org/stable/24126634>
33. Ruiz J.M., Belakbir A., Romero L. Foliar level of phosphorus and its bioindicators in Cucumis melo grafted plants. A possible effect of rootstocks. *Journal of Plant Physiology*. 1996;(149):400–404. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80140-4](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80140-4)
34. Pogonyi A., Pek Z., Helyes L., Lugasi A. Effect of grafting on the tomato's yield, quality and main fruit components in spring forcing. *Acta Alimentaria*. 2005;(34):453–462. <https://doi.org/10.1556/aalim.34.2005.4.12>
35. Roupheal Y., Cardarelli M., Colla G., Rea E. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*. 2008;(43):730–736. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.730>
36. Colla G., Roupheal Y., Cardarelli M., Massa D., Salerno A., Rea E. Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2006;81(1):146–152. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512041>
37. Lee J.M., Bang H.J., Ham H.S. Quality of cucumber fruit as affected by rootstock. *Acta Horticulturae*. 1999;(483):117–123. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.483.12>

About the Authors:

Sherzod N. Rajametov – PhD (Agriculture), Post Doctoral Researcher, sherzod_2004@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7055-9932>
Hyo-Bong Jeong – Researcher, bong9846@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0003-0178-6765>
Eun-Young Yang – PhD (Agriculture), Project Manager, yangyang2@korea.kr
Myeong-Cheoul Cho – PhD (Agriculture), Head of Laboratory, Correspondence Author, chomc@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0002-8321-4826>

Об авторах:

Шерзод Нигматуллаевич Ражаметов – кандидат с.-х. наук, исследователь, sherzod_2004@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7055-9932>
Хёо Бонг Жеонг – старший научный сотрудник, bong9846@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0003-0178-6765>
Ын Ёнг Янг – кандидат с.-х. наук, Руководитель проекта, yangyang2@korea.kr
Мёнг Чеол Чо – кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией, автор для переписки, chomc@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0002-8321-4826>

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-21-26>
УДК: 635.64:631.526.32-02(571.63)

Н.А. Сакара^{*1}, Н.В. Бардина², И.В. Ким²

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

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» 692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

^{*}Автор для переписки: nsakara@inbox.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Н.А. Сакара: концептуализация, написание-рецензирование и редактирование рукописи. Н.В. Бардина: научное руководство исследованием, концептуализация, методология, проведение исследований, подготовка, создание и редактирование рукописи. И.В. Ким: концептуализация, редактирование рукописи.

Для цитирования: Сакара Н.А., Бардина Н.В., Ким И.В. Эффективность селекционной работы по улучшению основных хозяйственно ценных показателей перспективного стародавнего сорта-популяции Бананная 42 в Приморском крае. *Овощи России*. 2024;(2):21-26. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-21-26>

Поступила в редакцию: 25.11.2023

Принята к печати: 19.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

Nikolai A. Sakara^{*1},
Natalia V. Bardina², Irina V. Kim²

¹ Primorskaya vegetable experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific vegetable center» (PVES – branch of the FSBSI FSVS) 57/1, Kubanskaya st., Surazhevka, Artem, Primorsky kray, 692779

² Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki” 30B, Volozhenina st., Timiryazevsky stl., Ussuriysk, Primorsky kray, Russia, 692539

^{*}Correspondence: nsakara@inbox.ru

Conflict of interest: The author declare that they have no conflict of interest.

Authors' Contribution. N.A. Sakara: conceptualization, writing-reviewing and editing of the manuscript. N.V. Bardina scientific management of research, conceptualization, methodology, conducting the study, preparation, creation and editing of a manuscript. I.V. Kim conceptualizing, editing the manuscript.

For citation: Sakara N.A., Bardina N.V., Kim I.V. The effectiveness of breeding work on the improvement of the main economically important traits of traditional variety population Banannaya in Primorsky kray. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):21-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-21-26>

Received: 25.11.2023

Accepted for publication: 19.01.2024

Published: 25.03.2024

Эффективность селекционной работы по улучшению основных хозяйственно ценных показателей перспективного стародавнего сорта-популяции Бананная 42 в Приморском крае

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Несмотря на ощутимые достижения в селекции овощных культур путем получения гетерозисных гибридов F₁, в настоящее время в России также получают развитие традиционные методы отбора для улучшения хозяйственно ценных признаков местных стародавних сортов, которые в процессе своей многолетней репродукции заметно ухудшили свои ценные исходные показатели по урожайности, выравненности товарной продукции и биохимическому составу. В отделе картофелеводства и овощеводства ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» ведется такая работа по созданию новых сортов-популяций тыквы крупноплодной с использованием в качестве исходного материала сорт-популяцию Бананная 42, выведенная В.Я. Смолевым еще в 40-х годах прошлого столетия на Дальневосточной опытной станции ВИР. Нами была проведена большая многолетняя работа по отбору перспективных семей этого сорта в направлении повышения урожайности, достижения более высоко выравненных плодов и устойчивого увеличения основных биохимических показателей.

Результаты. В результате селекционной работы с 2011 по 2022 годы в семьях сортовой популяции 945, в сравнении с исходной формой, улучшились хозяйственные признаки: однородность по форме плода, урожайность, биохимические показатели. За 11-летний период исследований достигнута высокая выравненность признака «форма плода» в отборе 9 года (ПИП 2) – 90,0-90,7%, которая повысилась на 34,9-36,0%. Урожайность возросла с 28,4 т/га до 38,2-45,3 т/га или на 34,5-59,5%. По биохимическим показателям селекционируемые признаки сдвинулись в сторону увеличения, по содержанию сухого вещества в среднем с 8,5 до 12,9% или на 51,8%, сахаров – с 6,1 до 9,1 или на 49,2%, каротина – с 1,7 до 3,8 или на 123,5%, витамина С – с 9,6 до 21,1 или на 119,8%. Для проведения государственного испытания отобраны семьи одного типа сорта-популяции 945 (сорт-популяция Баната) с улучшенными, выравненными хозяйственными признаками. Урожайность 38,2-45,3 т/га, форма плода сердцевидная, окраска коры серо-зеленая, окраска мякоти оранжевая, с содержанием сахаров 9,0-13,2%. По результатам нашей селекционной работы выведен и включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2024 года сорт-популяция тыквы крупноплодной Баната.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Тыква крупноплодная столовая, аналитическая селекция, сортовая популяция, семьи, отбор, изменчивость признака, биохимические показатели

The effectiveness of breeding work on the improvement of the main economically important traits of traditional variety population Banannaya in Primorsky kray

ABSTRACT

Relevance. Although there is notable success in breeding vegetable crops to obtain heterotic F₁ hybrids, traditional selection methods have been gaining in popularity as a means of improving the economically important traits of local traditional varieties in Russia today. These varieties suffered the reduction in their valuable starting parameters (yield, the uniformity of marketable produce and biochemical composition) over the many years of reproduction. The Department of Potato Breeding and Horticulture (FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki”) have been working on the creation of new squash variety-populations with large fruits using the variety-population Banannaya 42, bred by V.Ya. Smolei at the Far Eastern experimental station of the All-Union Scientific Research Institute of Plant Breeding in the 1940s, as the starting material. We carried out a multi-year research on the selection of promising families belonging to this variety to increase yield, improve the uniformity of fruits and the main biochemical parameters.

Results. The breeding work conducted on the families of variety-population 945 in 2011-2022 resulted in the improvement of some economically important traits (the uniformity of fruit shape, yield, and biochemical parameters) compared to the started form. The eleven years of research allowed us to achieve high uniformity of fruit shape in the selection of the ninth year (PIP 2) – 90.0-90.7% (increased by 34.9-36.0%). The yield increased from 28.4 t/ha to 38.2-45.3 t/ha or by 34.5-59.5%. The following biochemical parameters were improved through selection: the content of dry matter from 8.5 to 12.9% or by 51.8% on average, the content of sugars from 6.1 to 9.1 or by 49.2%, the content of carotene from 1.7 to 3.8 or by 123.5%, and the content of vitamin C from 9.6 to 21.1 or by 119.8%. We selected the families of the same type from variety-population 945 (variety-population Banata) with improved and uniform economically important traits for submission to the State variety testing. The yield was 38.2-45.3 t/ha, fruits were heart-shaped, skin was greyish green, pulp was orange, and the content of sugars was 9.0-13.2%. Large-fruited variety population Banata was included in the State register of breeding achievements admitted to use in the Russian Federation in 2024.

KEYWORDS:

Cucurbita maxima, analytical breeding, cultivar, variety population, selection, trait variability, generation of plant, biochemical parameters



Введение

Тыкву как очень популярную среди овощных культур, поставляющую в организм человека жизненно важные полисахариды, витамины и каротиноиды, выращивают во всех регионах Российской Федерации [1, 2]. Этот продукт одинаково важен в рационе маленьких детей и взрослых, легко усваивается и обладает высоким содержанием антиоксидантов благодаря содержащимся в нем каротиноидам [3]. Плоды тыквы используются в самых разных областях включая пищевую, кондитерскую, фармацевтическую и консервную [4].

Увеличение объемов производства продукции бахчеводства возможно с помощью селекции и создания качественно новых, конкурентоспособных сортов и гибридов [5]. Качество урожая плодов определяет целый ряд признаков: внешний вид плода (форма, однородность и др.); повышенное содержание биохимически ценных веществ (витаминов, сахаров, др.) [6].

Существующая рыночная среда требует от селекционеров наличия генотипически разнообразного и стабильного материала, который позволит быстро удовлетворять требования современного производства [5]. В последние годы задача селекционеров включает в себя создание отечественных сортов и гибридов, с высоким потенциалом продуктивности [7]. Для этого необходимо обращать особое внимание на выравненность материала [8].

В настоящее время производителям нужны сорта, способные адаптироваться к меняющимся климатическим условиям [6]. Использование в селекции высоко адаптированных местных сортов приводит к созданию высокопродуктивных сортов растений [9]. Основными направлениями в области селекции бахчевых культур являются селекция растений на стабильно высокую продуктивность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам; селекция на высокое качество продукции [10].

В силу экономических и экологических условий, нужно заниматься не только гибридами F₁, но и стародавними сортами. Рассмотрев ассортимент сортов в Приморском крае, мы остановились на сорте популяции Бананная 42. Сорт-популяция Бананная 42 выведен на Дальневосточной опытной станции ВИР в 1942 году (автор В.Я. Смолей). По описанию по устойчивости к биотическим факторам, содержанию биохимических веществ и по вкусовым качествам Бананная 42 относился к лучшим сортам, но в процессе размножения и производственного использования он утратил ряд показателей. На основе литературных источников существуют методы селекции по улучшению сортов. Одним из таких основных методов является искусственный отбор [11].

При создании сортов тыквы применяются следующие методы селекции – синтетические, аналитические и методы, основанные на искусственно вызываемой изменчивости. Исходный материал – сорт-популяция Бананная 42, представлял собой сложную популяцию содержащую ценные биотипы. Поэтому при выведении сорта популяции 945 (Баната) мы остановились на аналитическом методе селекции который основан на отборе в качестве исходного материала естественных популяций, из которого путем разложения на семьи

или биотипы выводится новый сорт или улучшается старый. Отбор являлся основой селекции.

Селекционный сдвиг в значительной степени, а зачастую и в решающей, определяется результатами отборов внутри популяций. Искусственный отбор вследствие фенотипической вариабельности определенных признаков открывает возможности для создания большого их генетического разнообразия, а выравненность обеспечивает снижение генетической изменчивости популяции [12].

Цель исследований – улучшить сорт тыквы крупноплодной столовой Бананная 42 по хозяйственно ценным признакам и передать в Государственное сортоиспытание сорт-популяцию с повышенными показателями: урожайность, биохимический состав, выравненность формы плода, адаптированную к местным условиям.

Место и условия проведения селекционной работы

Исследования проводили в отделе картофелеводства и овощеводства ФГБНУ ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в с. Пуциловка Уссурийского района в 2020-2022 годах. Площадь опытной делянки – 79,2 м². Схема посева 180 x 110 см. [13]. Почва – пойменная с содержанием: N л.г. – 48,3 мг/кг почвы, P₂O₅ – 298,7 мг/кг, K₂O – 177,3 мг/кг, pH kcl – 5,1, гумуса – 2,0%. Погодные условия вегетационного периода 2020, 2022 годов характеризовались довольно высоким температурным режимом и избытком влаги в отдельные фазы вегетации растений. В 2021 году отмечался высокий температурный режим и острый дефицит влаги в отдельные фазы вегетации растений.

Материалы и методы исследования

Схема селекционной работы отражена на рисунке 1.

При выведении сорта популяции в качестве исходной формы был взят сорт Бананная 42. В результате отбора на хозяйственно ценные признаки получен сорт-популяция 945 (Баната). При работе применяли несколько методов отбора: негативный отбор (сортопрочистки), индивидуально семейственный отбор, метод половинок, групповой отбор, целенаправленный отбор биотипов с повышенным содержанием сахаров, потомств морфологических типов не имеющих резких различий по индексу плода в пределах одного растения, направленный отбор по усиленно варьирующим признакам, повторяющийся направленный отбор на постоянно варьирующие признаки.

Испытание этой популяции по основным хозяйственным признакам проводили в семьях отбора 8-9 года в 2020-2022 годах. Объект исследований – 6 семей отбора 8 года, отбора 9 года – потомства первого года испытания (ПИП 1), потомства второго года (ПИП 2) тыквы столовой сортовой популяции 945. Количество отбираемых семей – не менее 30%. Число отбираемых растений для последующей работы в каждой отобранной семье – не менее 15 [14]. Семьи получены методом свободного опыления внутри популяции с последующими повторяющимися отборами в направлении усиления (увеличения) варьирующих признаков с установленными критериями по отношению к исходным, с заданными основными хозяйственно ценными призна-

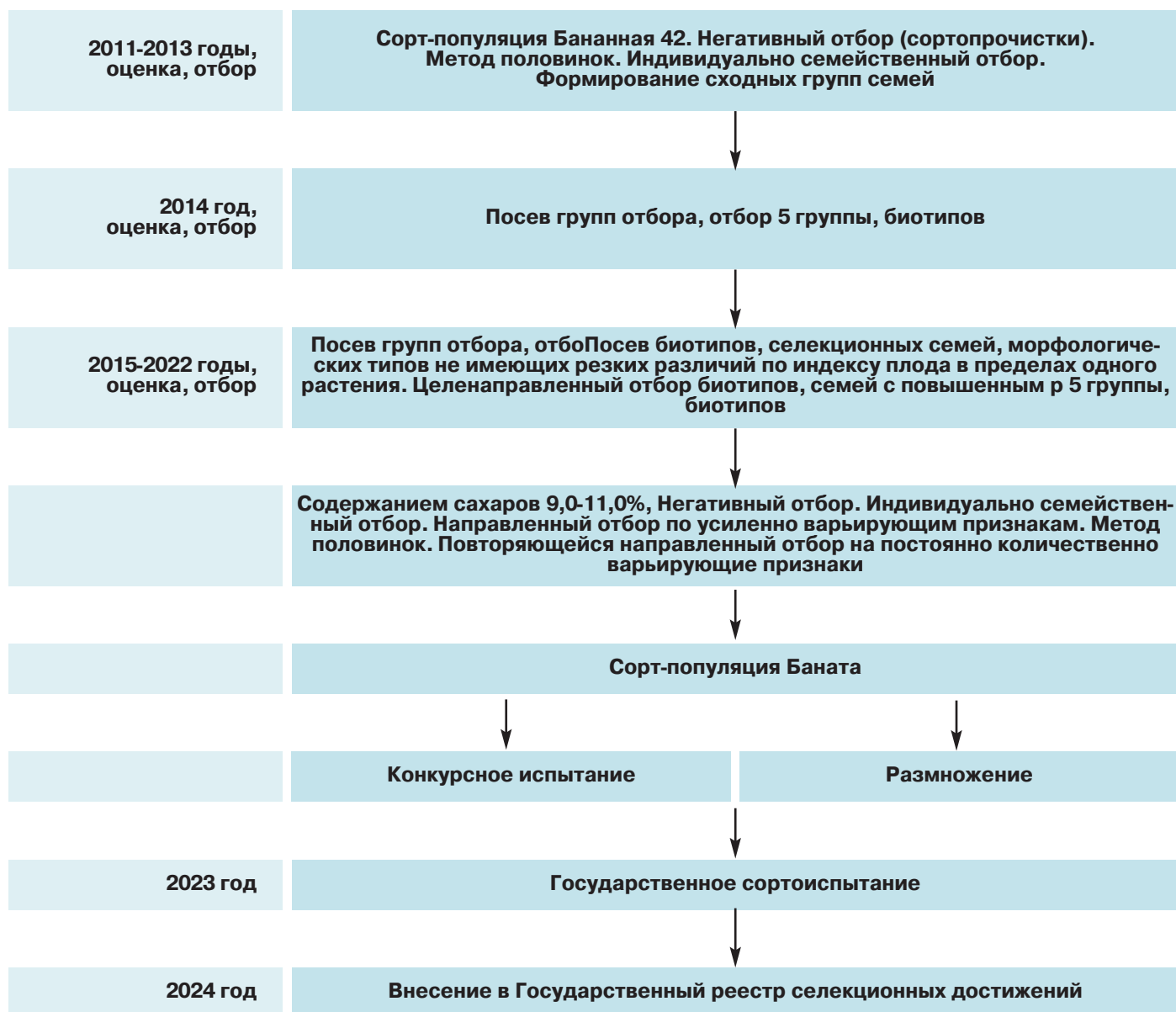


Рис. 1. Схема выведения сортовой популяции тыквы крупноплодной Баната
Fig. 1. Scheme for breeding a variety population of Cucurbita maxima Banata

ками. В дополнение к обычным оценкам по основным хозяйственно ценным признакам, растительный материал семей получил дополнительную оценку по выравниванию конкретного признака. При изучении фенотипической изменчивости признака формы плода отбора 8 года, отбора 9 года (ПИП 1, ПИП 2) сортовой популяции 945, определяли коэффициент вариации (степень изменчивости по отношению к среднему показателю выборки) и коэффициент выравниваемости [15, 16]. Сахара определяли в лабораторных условиях с использованием рефрактометра, сухое вещество – по ГОСТ 31640-20121, каротин – по ГОСТ 13496.17-20192 и витамин С – по ГОСТ 24556-893 в лаборатории агрохимических анализов ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

Результаты и их обсуждение

Одним из важных хозяйственных признаков является оценка по продуктивности, характеризующая урожайность сорта.

В 2020-2022 годах в результате оценки хозяйственной ценности указанных семей было установлено, что они обладают высокой урожайностью плодов, в сравнении с исходным сортом-популяцией Бананная 42, от 38,2 до 45,3 т/га, которая повысилась на 9,8-16,9 т/га или 34,5-59,5%; сравнительно не большой массой плода – 3,6-4,6 кг (признаком мелкоплодности плодов, новое направление в селекции – порционный размер). По массе плода признак варьировал от минимального – 1,5-1,9 кг до максимального – 7,3-9,0 кг. Число плодов на растениях в семьях изменялось от 1,9 до 2,2 шт. и увеличилось в среднем до 2-х шт. плодов на растении (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, в результате проведенных исследований, испытываемые семьи при различных погодных условиях конкретного вегетационного периода независимо от года возделыва-

¹ ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения сухого вещества. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2020. – 7 с.

² ГОСТ 13496.17-2019. Корма. Методы определения каротина. – Введ. 01.10.2020. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.

³ ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – Введ. 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

Таблица 1. Показатели продуктивности и качества плодов сортовой популяции 945 тыквы крупноплодной (среднее за 2020-2022 годы)
Table 1. Indicators of productivity and quality of fruits of variety population 945 of large-fruited pumpkin (average for 2020-2022)

Семья	Масса плода, кг			Количество плодов, шт./растение	Урожайность, т/га	Сухое вещество, %	Сахара, %	Каротин, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г
	min	max	средняя						
Бананная 42 (st)	2,8	10,5	5,6	1,0	28,4	8,5	6,1	1,7	9,6
945-13	1,5	7,7	4,0	2,2	43,4	13,8	9,3	3,7	24,3
945-12	1,6	7,5	3,7	2,2	41,6	11,6	8,5	3,5	19,5
945-22	1,5	7,9	4,0	2,0	40,8	12,5	9,0	3,8	20,6
945-11	1,9	9,0	4,6	1,9	45,3	13,4	9,0	4,0	20,4
945-27	1,6	7,9	3,6	2,0	38,2	13,2	9,1	3,3	20,2
945-31	1,5	7,3	3,8	2,1	41,5	13,1	9,6	4,5	21,5
НСР _{0,95}	-	-	0,6	0,3	4,8	1,5	0,9	0,8	4,2

ния показывают высокую стабильность в формировании урожая.

В ходе исследований определено, что в семьях показатель сухого вещества находился в пределах от 11,6 до 13,8%, сахаров – 8,5-9,6, каротина – 3,3-4,5 мг/100 г, витамина С – 19,5-24,3 мг/100 г. Все 6 проанализированных семей имеют высокое содержание сухого вещества не менее 11,0%. Наибольшим содержанием сахаров характеризовались семьи 945-13, -22, -11, -27, -31. Оценка биологической ценности плодов тыквы позволила

выделить все семьи отбора 8 года и отбора 9 года (ПИП 1), (ПИП 2), которые отличились высоким накоплением аскорбиновой кислоты – не менее 10,0 мг/100 г. Более высокий уровень концентрации каротиноидов отмечался в семьях отбора 8 года, отбора 9 года (ПИП 1), (ПИП 2) – 945-11, -31. В течение 11-летнего периода исследований мы сдвинули селективируемые признаки у популяции 945, в сравнении с исходной формой Бананная 42, в сторону повышения, по содержанию сухого вещества в среднем с 8,5 до 12,9% или на 51,8%,

Таблица 2. Показатели изменчивости признака «формы плода» сортовой популяции 945 тыквы крупноплодной за 2020-2022 годы
Table 2. Indicators of variability of the “fruit shape” trait of variety population 945 of large-fruited pumpkin for 2020-2022

Семья	Индекс формы плода					
	R*			V*, %		
	8 отбор	9 отбор (ПИП 1)	9 отбор (ПИП 2)	8 отбор	9 отбор (ПИП 1)	9 отбор (ПИП 2)
Бананная 42 (st)	0,5-1,6			33,3		
945-13	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,0	18,7	11,8	9,9
945-12	0,6-1,1	0,6-1,2	0,7-1,1	12,5	11,2	10,0
945-22	0,6-1,1	0,5-1,5	0,6-1,1	16,3	16,8	10,0
945-11	0,6-1,1	0,6-1,4	0,7-1,1	10,6	15,5	9,3
945-27	0,5-1,1	0,6-1,2	0,6-1,1	18,1	12,5	9,9
945-31	0,6-1,3	0,6-1,2	0,6-1,1	18,1	12,4	10,0

R* – размах вариации;

V*, % – коэффициент вариации.

сахаров – с 6,1 до 9,1 или на 49,2%, каротина – с 1,7 до 3,8 или на 123,5%, витамина С – с 9,6 до 21,1 или на 19,8%.

При отборе в популяции тыквы, как аллогамного вида, генотип каждого нового поколения формируется из общего генного фонда, каждый генотип в такой популяции в какой-то мере отличается от всех остальных генотипов.

В 2020-2021 годах однотипный характер изменений (средний) по признаку форма плода проявился у всех семей отбора 8 года, отбора 9 года (ПИП 1) популяции. Коэффициент вариации уменьшился с 33,3% до 10,6-18,7%, 11,2-16,8% соответственно (табл. 2). Выравненность повысилась на 21,9-34,0%, 24,7-33,1% соответственно, в сравнении с сортом Бананная 42.

В 2022 году в отборе 9 года (ПИП 2) незначительное варьирование данного признака свидетельствует о достаточной однородности (гомогенности) семей, которая увеличилась на 34,9-36,0%. Вариация – с 33,3% понизилась до 9,3-10,0%. Выравненность – повысилась с 66,7 до 90,0-90,7%, в сравнении с исходным материалом.

Эффект отбора в направлении увеличения растений, с улучшенными химическими показателями, с сердцевидной формой плода продолжается постоянно. В отборе 9 года (ПИП 2) анализ фенотипической изменчивости формы плода показал, что у данного морфопараметра выявлен уровень слабой внутрипопуляционной изменчивости, что обеспечило снижение генетической изменчивости популяции.

Заключение

В результате селекционной работы с 2011 по 2022 годы в семьях сортовой популяции 945, в сравнении с исходной формой, улучшились хозяйственные признаки: однородность по форме плода, урожайность, биохимические показатели. Достигнута высокая выравненность признака «форма плода», в отборе 9 года (ПИП 2), которая повысилась с 66,7 до 90,0-90,7% или на 34,9-36,0%. Урожайность возросла с 28,4 т/га до 38,2-45,3 т/га или на 34,5-59,5%. По биохимическим показателям селектируемые признаки сдвинулись в сторону увеличения, по содержанию сухого вещества в среднем на 51,8%, сахаров – 49,2%, каротина – 123,5%, витамина С – 119,8%. У всех семей отбора 9 года (ПИП 1), (ПИП 2) содержание аскорбиновой кислоты выявлено выше технологических требований (более 10,0 мг/100 г), предъявляемых к сортам тыквы столовой для переработки. В результате работы отобраны семьи одного типа с улучшенными, выравненными хозяйственными признаками под названием сорт-популяция Баната. Урожайность – 38,2-45,3 т/га, форма плода сердцевидная, окраска коры серо-зеленая, окраска мякоти оранжевая, с содержанием сахаров 9,0-13,2% (рис. 2).

Сорт-популяция Баната передан в 2022 году в Государственное испытание, по итогам которого внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2024 году.



Рис. 2. Сорт-популяция тыквы крупноплодной Баната
Fig. 2. Variety-population of Cucurbita maxima Banata

• Литература

1. Zhou T., King Q., Huang J., Dai R., Li Q. Characterization of nutritional components and utilization of pumpkin. *Food. Global Science books*. 2007;1(2):313-321.
2. Корнилова М.С., Курунина Д.П., Варивода Г.В. Создание конкурентоспособных сортов дыни и тыквы с ценными хозяйственными признаками. *Овощи России*. 2021;(6):36-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-36-41>. EDN TMSUZO.
3. Sharma S. Rao Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal*. 20(5):2309-2316. 2013;20(5):2309-2316.
4. Рядинская А., Кощаева О. Использование продуктов переработки тыквы. *Комбикорма*. 2019;(2):56-58. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2019-02-3-045>. EDN VVBNXB.
5. Немтинов В.И., Констанчук Ю.Н., Сейтумеров Э. И. Пути развития семеноводства овощебахчевых культур и картофеля в Крыму. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2015;2(165):15-24. EDN WFDTTB.
6. Коротцева И.Б. Основные направления и задачи селекции тыквенных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». *Овощи России*. 2022;(4):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-5-10>. EDN EPRGYQ.
7. Хлебобородов А.Я., Почитская И.М., Провоторова О.С., Юденко А.Н. Корреляции хозяйственно биологических признаков твердокорой тыквы (*Cucurbita pepo* L.). *Овощеводство*. 2021;(29):211-221.
8. Масленникова Е.С., Варивода Е.А. Изучение селекционно значимых признаков межсортовых гибридов тыквы крупноплодной *Cucurbita maxima* и тыквы мускатной *Cucurbita moschata*. *Овощи России*. 2022;(5):54-57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-54-57>. EDN NYVVDG.
9. Артемьева А.М., Пискунова Т.М., Гашкова И.В., Хмелинская Т.В., Храпалова И.А., Агеева Т.Т., Тайпакова А.А., Киселева Н.А., Мамырбеков Ж.Ж. Местные сорта овощных и бахчевых культур Казахстана в коллекции ВИР как источники для селекции. *Овощи России*. 2018;(3):60-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-60-66>. EDN XTXEIX.
10. Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Науменко Т.С. Селекция – основа импортозамещения в отрасли овощеводства. *Овощи России*. 2017;(3):3-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-3-3-15>. EDN ZBHGEV.
11. Сакара Н.А., Бардина Н.В. Улучшение основных показателей тыквы крупноплодной сорта-популяции Бананная 42 в Приморском крае. *Картофель и овощи*. 2022;(8):29-31. DOI 10.25630/PAV.2022.23.35.006. EDN OHVUCV.
12. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Адаптация, рекомбиногенез, агробиотенос. Кишинев: Штиинца, 1980. 588 с.
13. Селекция бахчевых культур : метод. указания. сост. Т.Б. Фурса, М.И. Малинина, Л.М. Юлдашева и др. ВАСХНИЛ. ВИР. Л. : ВИР. 1988. 78 с.
14. Положение о производстве семян элиты овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сост. В.Ф. Пивоваров, Л.В. Павлов, М.С. Бунин. М., 2000. 24 с.
15. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Россельхозакадемия. ВНИИО. М. 2011. 648 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 4-е изд., перераб. и доп. М. : Колос. 1979. 416 с.

• References

1. Zhou T., King Q., Huang J., Dai R., Li Q. Characterization of nutritional components and utilization of pumpkin. *Food. Global Science books*. 2007;1(2):313-321.
2. Kornilova M.S., Kurunina D.P., Varivoda G.V. Creation of competitive varieties of melon and pumpkin with valuable economic trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(6):36-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-36-41>. EDN TMSUZO.
3. Sharma S. Rao Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal*. 20(5):2309-2316. 2013;20(5):2309-2316.
4. Ryadinskaya A., Koshchaeva O. Use of pumpkin processing products. *Kombikorma*. 2019;(2):56-58. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2019-02-3-045>. EDN VVBNXB. (In Russ.)
5. Nemtinov V.I., Kostanchuk Yu.N., Seitumerov E.E. The ways to develop seed growing of vegetables, melons and potatoes in the republic of Crimea. *Transactions of Taurida agricultural science*. 2015;2(165):15-24. EDN WFDTTB. (In Russ.)
6. Korotseva I.B. The main directions and tasks of pumpkin crop breeding of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center". *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-5-10>. EDN EPRGYQ.
7. Kheborodov A.Ya., Pochitskaya I.M., Provotorova O.S., Yudenko A.N. Correlation of economic and biological traits of hard rind pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Vegetable Growing*. 2021;(29):211-221. (In Russ.)
8. Maslennikova E.S., Varivoda E.A. The study of selection significant traits of intervarietal hybrids of large-fruited pumpkin *Cucurbita maxima* and nutmeg pumpkin *Cucurbita moschata*. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(5):54-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-54-57>. EDN NYVVDG.
9. Artemyeva A.M., Piskunova T.M., Gashkova I.V., Khmelinskaya T.V., Khrapalova I.A., Ageeva T.T., Taipakova A.A., Kiseleva N.A., Mamyrbekov J.J. Landraces of vegetables and cucurbits from Kazakhstan into VIR collection as initial material for the breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):60-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-60-66>. EDN XTXEIX.
10. Pivovarov V.F., Soldatenko A.V., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Naumenko T.S. Plant breeding is a solution for import substitution in vegetable production. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(3):3-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-3-3-15>. EDN ZBHGEV.
11. Sakara N.A., Bardina N.V. Improvement of the main indicators of large-fruited pumpkin varieties – Banana population 42 in Primorsky Krai. *Potato and vegetables*. 2022;(8):29-31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.23.35.006>. EDN OHVUCV. (In Russ.)
12. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants. Adaptation, recombination, agrobiocenosis. Chisinau: Shtiintsa, 1980. 588 p. (In Russ.)
13. Selection of melons: method. instructions. comp. T.B. Fursa, M.I. Malinina, L.M. Yuldasheva and others. VASKHNIL. VIR. L.: VIR. 1988. 78 p. (In Russ.)
14. Regulations on the production of elite seeds of vegetable, melon and melon crops, fodder root crops and fodder cabbage. Comp. V.F. Pivovarov, L.V. Pavlov, M.S. Bunin. M., 2000. 24 p. (In Russ.)
15. Litvinov S.S. Methodology of field experiment in vegetable growing. Russian Agricultural Academy. VNIIO. M. 2011. 648 p. (In Russ.)
16. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: (with the basics of statistical processing of research results). M.: Kolos. 1979. 416 p. (In Russ.)

Об авторах:

Николай Андреевич Сакара – кандидат с.-х. наук зам. руководителя по научной работе, SPIN-код: 6431-4735, <https://orcid.org/0000-0001-5089-3028>, nsakara@inbox.ru
Наталья Викторовна Бардина – научный сотрудник лаб. овощеводства, SPIN-код: 8039-3986, <https://orcid.org/0000-0001-6992-1666>, bardina1977@yandex.ru
Ирина Вячеславовна Ким – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаб. диагностики болезней картофеля, SPIN-код: 4991-4382, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, kimira-80@mail.ru

About the Authors:

Nikolai A. Sakara – Cand. Sci. (Agriculture), Deputy Scientific Director, SPIN-code: 6431-4735, <https://orcid.org/0000-0001-5089-3028>, nsakara@inbox.ru
Natalia V. Bardina – Researcher, Laboratory Vegetable Growing, <https://orcid.org/0000-0001-6992-1666>, SPIN-code: 8039-3986, bardina1977@yandex.ru
Irina V. Kim – Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Laboratory for Diagnostics of Potato Diseases, SPIN-code: 4991-4382, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645> kimira-80@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>
УДК: 635.1/.7-021.66:664.8.047

Е.В. Янченко¹, К.А. Зыкин^{2*},
Н.Э. Каухчешвили², А.А. Грызунов²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦ) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верейя, стр. 500

² Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12

*Автор для переписки: kirill1580@yandex.ru

Вклад авторов: Янченко Е.В.: концептуализация, методология, выращивание сырья, проведение ферментации капусты белокочанной, анализ, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Зыкин К.А.: концептуализация, проведение ферментации моркови столовой, дегустации, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А.: концептуализация, методология, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, редактирование рукописи, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам II Конференции «Питание в Космосе: наука, инновации, перспективы», посвященной 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина и 300-летию Российской академии наук.

Для цитирования: Янченко Е.В., Зыкин К.А., Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А. Сухие овощные ферментированные продукты длительного хранения и их интеграция в рацион питания космонавтов. *Овощи России*. 2024; (2): 27-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>

Поступила в редакцию: 20.02.2024

Принята к печати: 11.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Elena V. Yanchenko¹, Kirill A. Zykin^{2*},
Nikolay E. Kaikhcheshvili², Alexey A. Gryzunov²

¹ All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration industry -Branch of "V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences 12 Kostyakova str., Moscow, 127422, Russia

*Correspondence: kirill1580@yandex.ru

Authors' Contribution: Yanchenko E.V.: conceptualization, methodology, cultivation of raw materials, fermentation of cabbage, analyses, data verification, creation of the manuscript and its editing, formal analysis. Zykin K.A.: conceptualization, fermentation of canteen carrots, tasting, data verification, manuscript creation and editing, formal analysis. Kaikhcheshvili N.E., Gryzunov A.A.: conceptualization, methodology, LTVD (low temperature vacuum drying) and VFD (vacuum freeze drying), data verification, manuscript editing, formal analysis.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the II Conference "Nutrition in Space: Science, Innovation, Prospects", dedicated to the 90th anniversary of Yu.A. Gagarin and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Yanchenko E.V., Zykin K.A., Kaikhcheshvili N.E., Gryzunov A.A. Dry fermented vegetable products of long-term storage and their integration into the diet of astronauts. *Vegetable crops of Russia*. 2024; (2): 27-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>

Received: 20.02.2024

Accepted for publication: 11.03.2024

Published: 25.03.2024

Сухие овощные ферментированные продукты длительного хранения и их интеграция в рацион питания космонавтов

РЕЗЮМЕ

Введение. Ферментация позволяет улучшать свойства конечного продукта, повышать его пищевую ценность и органолептические показатели. Научно доказано, что употребление ферментированных продуктов (с высокой пищевой и биологической ценностью) на регулярной основе оказывает положительное влияние на здоровье человека, повышает иммунитет, улучшает работу ЖКТ. Сухие ферментированные продукты длительного срока хранения могут быть рекомендованы как часть рациона питания в космосе.

Цель. Создание сухой основы для ферментированных напитков длительного хранения на основе капусты белокочанной и моркови столовой, применимых в рационе космического питания.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша и полученные из них сухие ферментированные продукты.

Результаты. Установлено, что по биохимическим и органолептическим показателям качества отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша пригодны к различным видам переработки, в том числе к ферментации и изготовления сушеных ферментированных продуктов. Проведено сравнение количества микроорганизмов в ферментированной капусте и капусте, обезвоженной методами низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной сублимационной сушки (ВСС). Выживаемость микроорганизмов оказалась выше при НВС в 1,62 раза. Рассмотрены способы ускорения процесса ферментации моркови столовой. Подтверждена целесообразность использования заквасок, полученных на основе ферментируемого продукта. Установлено, что использованием стартовых культур в виде высушенного методом НВС ферментированного продукта, ускоряет ферментацию и позволяет достигнуть нужного уровня pH в 1,33 раза быстрее базового и не оказывает влияния на конечные органолептические характеристики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

космическое питание, овощи, ферментация, вакуумная сушка, рационы питания космонавтов, ферментированные напитки

Dry fermented vegetable products of long-term storage and their integration into the diet of astronauts

ABSTRACT

Relevance. Fermentation makes it possible to improve the properties of the final product, increase its nutritional value and organoleptic characteristics. It has been scientifically proven that the use of fermented foods (with high nutritional and biological value) on a regular basis has a positive effect on human health, increases immunity, improves the functioning of the gastrointestinal tract. Dry fermented products with a long shelf life can be recommended as part of the diet in space. The aim is to creation of a dry base for fermented long-term storage beverages based on cabbage and table carrots, applicable in the diet of space nutrition.

Objects and methods of research. The objects of the study were the domestic hybrid of white cabbage F₁ Severyanka and the domestic variety of carrot table Margosha, and the dry fermented products obtained from them.

Results. It was found that, according to biochemical and organoleptic quality indicators, the domestic hybrid of white cabbage F₁ Severyanka and the domestic carrot variety Margosha are suitable for various types of processing, including fermentation and manufacture of dried fermented products. The comparison of the number of microorganisms in fermented cabbage and cabbage dehydrated by LTVD (low temperature vacuum drying) and VFD (vacuum freeze drying) methods was carried out. The survival rate of microorganisms was 1.62 times higher in LTVD. The ways of accelerating the fermentation process of table carrots are considered. The expediency of using starter cultures obtained on the basis of the fermented product has been confirmed. It has been found that using starter cultures in the form of a fermented product dried by the LTVD method accelerates fermentation and allows you to reach the desired pH level 1.33 times faster than the base one and does not affect the final organoleptic characteristics.

KEYWORDS:

space nutrition, vegetables, fermentation, vacuum drying, astronauts' diets, fermented drinks



Введение

С давних времен ферментация являлась одним из основных способов обработки пищевых продуктов. Особую ценность ферментированным продуктам (кисломолочным, продуктам брожения, квашения и другим) придавало изменение их свойств, например, увеличение срока годности и повышение органолептических показателей. При этом широко известно, что ферментированная пища способствует лучшему пищеварению, ускоряет обмен веществ и химические реакции внутри клеток организма человека. Продукты, подвергшиеся ферментации, легче усваиваются и перерабатываются, поэтому ее иногда называют «внешним пищеварением». Ферментированные продукты (содержащих в себе комплекс полезных микроорганизмов) оказывают положительное влияние на здоровье человека, работу ЖКТ. При этом научно доказано, что около 80% иммунной системы человеческого организма связано с кишечником. Потребляемая человеком пища влияет на его микробиоту, а та, в свою очередь, выполняет защитную функцию, регулируя иммунную, эндокринную и нервную системы. Одной из важных категорий полезных продуктов являются ферментированные напитки [1-2] и продукты, имеющие дополнительные свойства, помимо традиционной пищевой ценности [3-5].

Необходимо отметить, что большинство полезных ферментированных продуктов имеют небольшой срок годности и зачастую привередливы к условиям хранения. Создание сухого ферментированного продукта длительного срока хранения позволит расширить его область применения и задействовать в рационе питания космонавтов [6-7].

Известно, что при нахождении в космосе организм человека подвергается высоким и зачастую нестандартным нагрузкам. Для того, чтобы успешно их переносить, космонавтов необходимо обеспечивать пищевыми продуктами с высокой энергетической и биологической ценностью, их рацион должен быть разнообразен и включать в себя максимальный набор полезных веществ и микроэлементов [8]. При этом, к питанию для космонавтов предъявляется ряд требований [9], которые касаются как продуктового состава рациона питания, так и характеристик определенных продуктов. К обязательным требованиям относятся: высокая питательная ценность, безопасность, длительный срок хранения при температуре воздушной среды +20...+25°C, а также в условиях нерегулируемых температур и влажности, минимальный вес и объем, разнообразие и высокие органолептические характеристики, а также продукты должны быть удобно упакованы и легки в использовании.

Актуальность данной работы заключается в необходимости создания сухого ферментированного продукта с длительным сроком хранения, соответствующего требованиям, предъявляемым к космическому питанию. Полученный сухой ферментированный продукт на основе овощного растительного сырья может быть основой ферментированных напитков [10-12] и интегрирован в рацион космонавтов с целью дополнительного обогащения его витаминами, микроэлементами и полезными соединениями [13-15].

Условия и методика исследований

Исследования проводили на базе ВНИИО - филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская область, Раменский район) и в лаборатории замороженных и обезвоженных пищевых продуктов Всероссийского научно-исследовательского института холодильной промышленности (ВНИХИ) – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН. Определение количества микроорганизмов в посевном материале и культуральной жидкости проводили методом предельных разведений согласно ГОСТ 9225 [16]. Титруемую кислотность определяли после культивирования в термостате разведения 1 г сухого продукта в 20 см³ жидкой питательной среды MRS 24 часа при 37°C. Питательная среда использовалась HimediaM 1396 Agar, микроскоп Nikon ECLIPSE Ci-S/Ci-L. Подсчет выросших колоний проводили на автоматическом счетчике колоний Scan 500 Software. Органолептические свойства исследовали в соответствии с ГОСТ 8756.1-2017 [17] «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема».

В качестве объектов исследования использовали один гибрид отечественной селекции капусты белокочанной F₁ Северянка и один отечественный сорт моркови столовой Маргоша.

Капуста белокочанная — это широко распространенный и высокоурожайный овощ. К достоинствам капусты относятся: большой срок хранения, ее пригодность для переработки (квашения и консервирования), а также наличие множества сортов разных сроков созревания. Кочаны капусты белокочанной могут иметь округлую форму, округло-плоскую, конусовидную. Имеют плотную структуру, массу не менее 0,4 кг для ранних сортов и не менее 0,7 кг – для средних и поздних.

Северянка F₁ – среднепоздний высокопродуктивный гибрид капусты белокочанной селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Кочаны округлые, плотные, сочные, хрустящие, на разрезе белые, массой до 3 кг. Имеют короткую внутреннюю кочерыгу. Сорт устойчив к перепадам температуры, растрескиванию кочана, болезням.

Маргоша – среднеспелый сорт моркови столовой селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Корнеплод длинный, цилиндрический со слабым сбегом и тупым основанием (сортотип Берликум/Нантская). Масса корнеплода – 170-190 г. Пригоден не только для употребления в свежем виде, но и для длительного хранения.

Морковь столовая, используемая в опытах, соответствовала ГОСТ 32284-2013 «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия». Плоды моркови были отобраны целые, чистые, без признаков поражения насекомыми или болезнями, без механических повреждений.

В первой серии экспериментов проводили оценку по биохимическим показателям сырья капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка и моркови столовой сорта Маргоша и полученной из них ферментированной продукции, а также сухих ферментированных продуктов, выработанных методом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной сублимационной сушки (ВСС).

Следующим этапом были обезвожены базовые ферментированные напитки из капусты белокочанной (капустный рассол) и моркови столовой (морковный квас). Обезвоживание проводили в вакуумной камере при температуре не выше 40°C методом НВС. Высушенный ферментированный продукт измельчали до порошкообразного состояния и хранили в герметичной стеклянной таре. Для восстановления сухой продукт заливали водой комнатной температуры 22...24°C в определенном количестве, через 3-5 минут порошок полностью растворялся, а через 25-30 минут настаивания напитка проводили оценку его органолептических свойств.

Экспериментальные исследования по вакуумной сушке осуществляли на установке фирмы Hetosicc (Дания). Сырье подогревали контактным способом от нагревательных полок установки до температуры, не превышающей 40°C. Теплоносителем внутри полок являлась вода, а измерение температуры осуществляли термометрами ТРМ-200 ОБЕН (допустимая погрешность: $\pm 0,5\%$). Значение вакуума фиксировали электронным вакуумметром.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований многих ученых [18-20] позволяют заключить, что при переработке капусты белокочанной путем квашения следует учитывать ее индивидуальные сортовые биохимические особенности.

Предварительно были проведены биохимические анализы качества сырья и ферментированной продукции с целью оценки выбранных сортообразцов на пригодность к переработке (ферментации) (рис.1-5).

Сухое вещество включает клетчатку, пектиновые вещества, гемицеллюлозу, углеводы, минеральные вещества и азотистые соединения [21]. В кочанах капусты белокочанной F₁ Северянка (сырьё) содержание сухого вещества составило 10,2%, что является

хорошим показателем качества (рис. 1). При ферментации было отмечено небольшое снижение, при этом использование заквасок не повлияло на этот процесс. Для производства сухих овощных ферментированных продуктов квашеная капуста подвергалась сушке двумя способами (НВС и ВСС) до примерно одинакового уровня влажности, поэтому содержание сухого вещества в готовом продукте значимо не отличалось по вариантам (85,6-86,2%).

Рядом исследователей установлено, что добавление микробиологического препарата позволяет сократить продолжительность процесса квашения капусты, ускорить формирование органолептических свойств и сохранить в максимальной степени витаминную активность исходного сырья [22]. По результатам биохимических анализов в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка установлено высокое содержание витамина С – 20,8 мг%. При ферментации количество витамина С возрастает на 2,3-2,6 мг%. Современные технологии НВС и ВСС щадяще воздействуют на овощную продукцию и позволяют сохранить в продукте высокое содержание витамина С (95,3-98,9 мг%). При этом оба вида сушки не показали значимой разницы между собой по данному показателю, а использование микробиологических заквасок оказывало положительное влияние на содержание витамина С в конечном продукте длительного хранения (рис.2.).

При ферментации сумма сахаров снизилась вследствие протекающих биохимических процессов ферментации в 1,42-1,46 раза по сравнению с содержанием в сырье, что является естественным процессом. Современные технологии НВС и ВСС сохранили в сушеном продукте высокое содержание суммы сахаров. При этом оба вида сушки, как и в предыдущих анализах, не показали значимой разницы между вариантами по данному показателю (рис. 3).

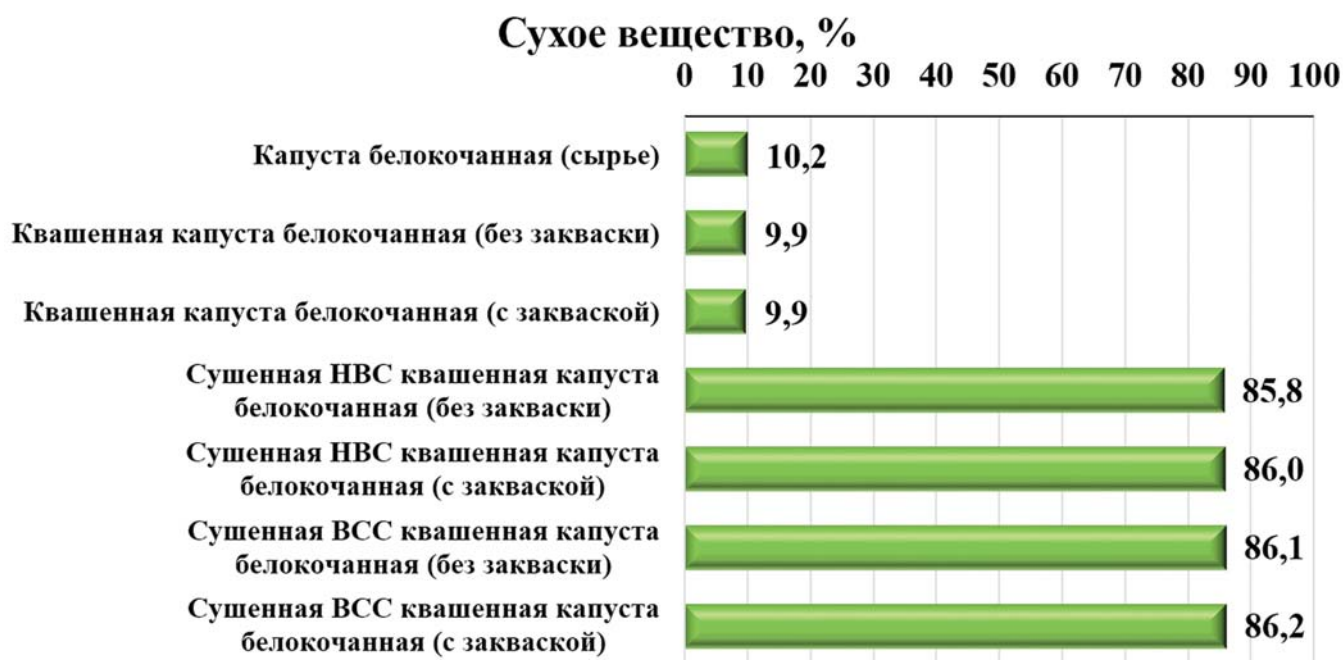


Рис. 1. Содержание сухого вещества в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки

Fig. 1. The content of dry substances in the heads of white cabbage F₁ Severyanka (raw materials) and products of its processing



Рис. 2. Содержание витамина С в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 2. The content of vitamin C in white cabbage heads of the F₁ Severyanka (raw materials) and its processed products

Для производства овощного ферментированного напитка из моркови столовой (морковный квас) использовали отечественный сорт Маргоша (рис. 4-6).

Был проведён биохимический анализ качества корнеплодов моркови, используемых для производства сухих ферментированных напитков: высушенных методом НВС и непосредственно перед переработкой (сырьё). В сырьё содержание сухого вещества состави-

ло 12,8%, а в готовом продукте – 91,1% (рис. 4).

При сушке методом НВС в готовом продукте содержалось β-каротина в 3,12 раза больше, чем в сырьё, что безусловно связано с естественной концентрацией веществ в процессе сушки (рис. 5). В структуре сахаров, как в сырьё, так и в переработанном продукте, преобладали моносахара (фруктоза) (рис.6).

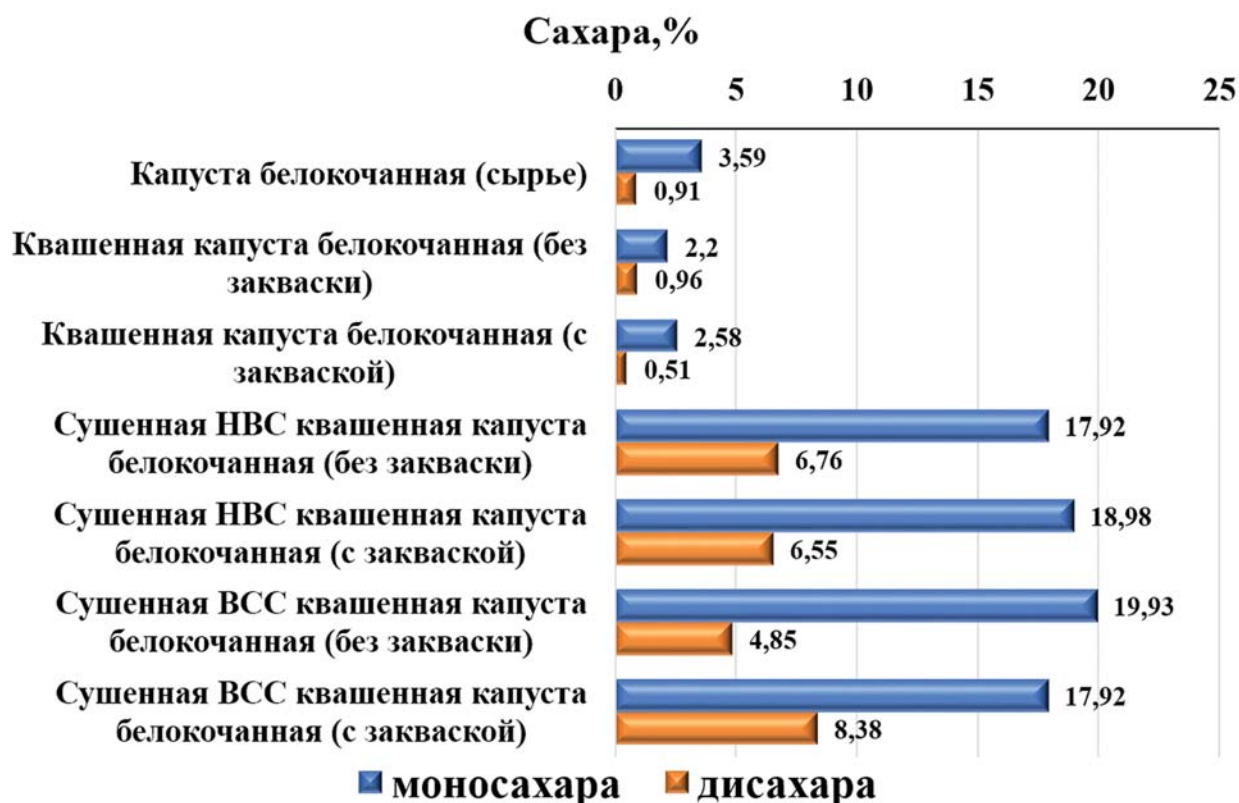


Рис. 3. Содержание сахаров в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 3. The sugar content in the heads of white cabbage F₁ Severyanka (raw materials) and products of its processing

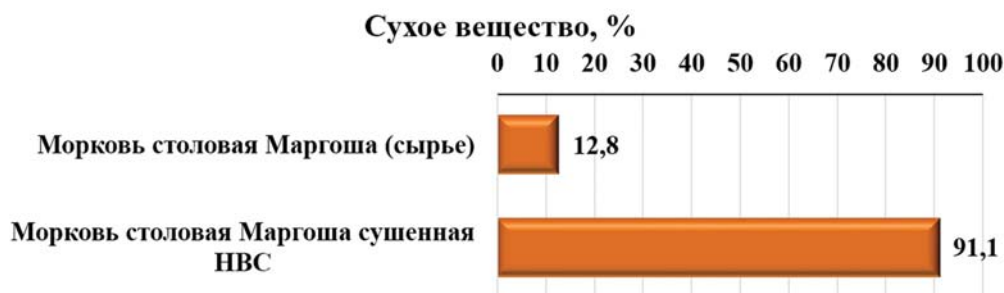


Рис. 4. Содержание сухого вещества в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 4. The content of dry substances in the heads of white cabbage hybrid Severnyanka (raw materials) and products of its processing

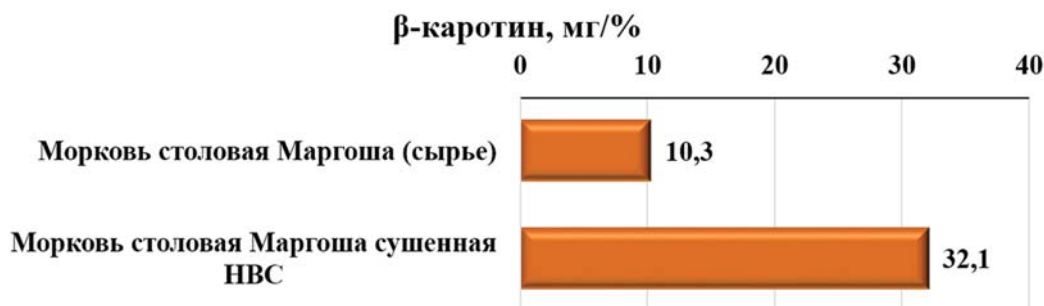


Рис. 5. Содержание β-каротина в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 5. The content of β-carotene in carrot roots (raw materials) and products of its processing

Обезвоживание ферментированного продукта с сохранением максимального количества полезных микроорганизмов можно получить двумя способами, а именно вакуумной сублимационной сушкой (ВСС) и низкотемпературной вакуумной сушкой (НВС). Одним из показателей эффективности данных видов сушки является выживаемость микроорганизмов. Содержание полезных бактерий в ферментированной

капусте, обезвоженной способом НВС выше, чем при обезвоживании ВСС.

В результате проведенных исследований, составлены таблицы содержания микроорганизмов в сушеной методами НВС и ВСС ферментированной капусте. Графическая интерпретация выживаемости микроорганизмов капусты гибрида F₁ Северянка при сушке разными способами приведена на диаграмме (рис. 7 а, б).

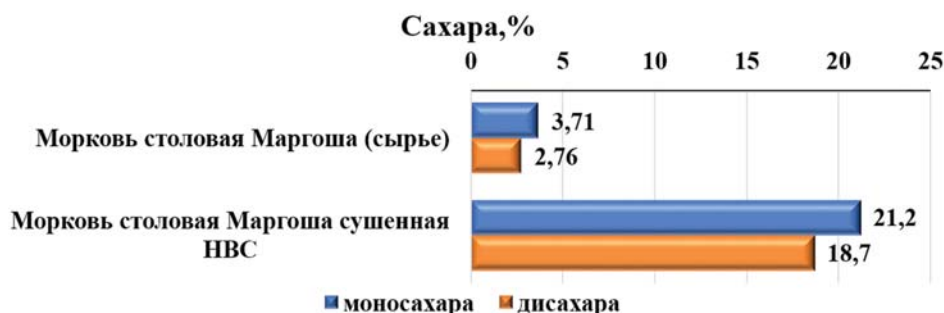


Рис. 6. Содержание сахаров в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 6. Sugar content in carrot root crops (raw materials) and processed products

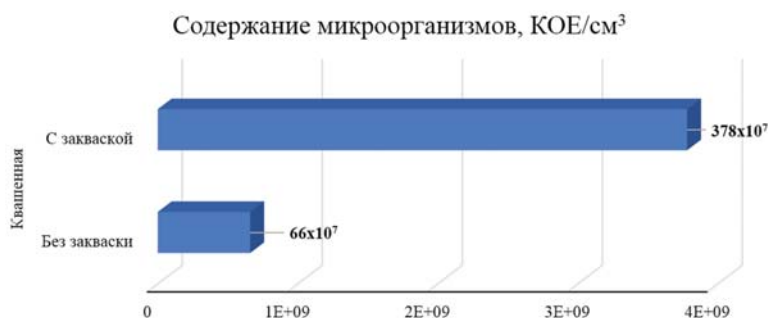


Рис. 7а. Содержание микроорганизмов в квашеной капусте F₁ Северянка при естественной и направленной (с помощью закваски) ферментации
Fig. 7a. The content of microorganisms in sauerkraut of the F₁ Severnyanka with natural and directed (with the help of starter culture) fermentation



Рис. 7б. Содержание микроорганизмов в сухом ферментированном продукте, приготовленном из капусты белокочанной F₁ Северянка, при разных видах сушки
Fig. 7b. The content of microorganisms in a dry fermented product made from white cabbage F₁ Severiyanka with different types of drying

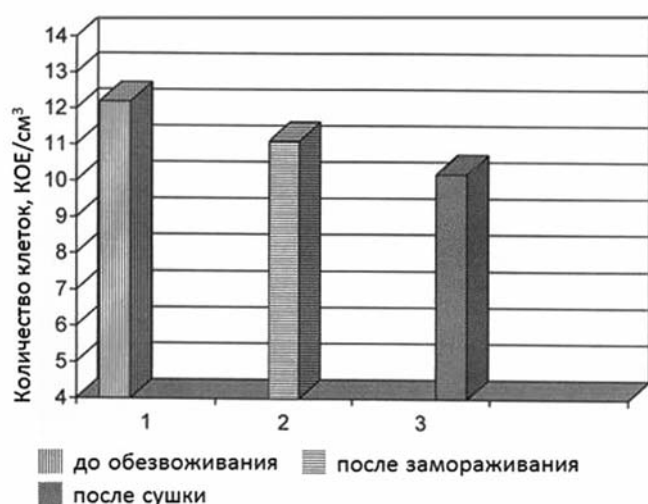


Рис. 8. Диаграмма изменения пропионовокислых бактерий
Fig. 8. Diagram of changes in propionic acid bacteria

Содержание микроорганизмов в ферментированной с использованием закваски молочнокислых бактерий капусте гибрида Северянка при сушке методом НВС оказалось в 1,62 раза выше. Это согласуется с данными других исследователей. Так некоторые исследователи [23] связывают это явление с тем, что при ВСС продукт перед обезвоживанием проходит стадию замораживания, уменьшающую количество микроорганизмов. Низкотемпературная вакуумная сушка (НВС) по сравнению с сублимационной, исключает замораживание, что позволяет обеспечить большую выживаемость полезных микроорганизмов. Влияние замораживания наглядно отражено на рисунке 8 (взято из описания изобретения к патенту РФ №2309982) [23]. На нем показано изменение количества клеток пропионовокислых бактерий в закваске жидкой, замороженной и после сублимационной сушки. Показатель колониеобразующих бактерий КОЕ/см³ упал с 12 до 11 и 10 порядков соответственно.



Рис. 9. Подготовка моркови столовой перед и после НВС
Fig. 9. Preparation of carrots before and after LTVD

Сублимационная сушка является достаточно дорогостоящим способом обезвоживания и может существенно влиять на стоимость конечного продукта. В отличие от сублимации НВС является более экономичной и позволяет избежать замораживания, что увеличивает выживаемость полезных микроорганизмов в конечном продукте. Дальнейшие эксперименты в работе проводили с использованием метода НВС, как наиболее предпочтительного согласно результатам проведенных экспериментов.

Заключительная серия экспериментов заключалась в смешении высушенной методом НВС капусты и моркови с высушенной методом НВС закваски на основе предварительно ферментированной капусты и моркови соответственно. На рисунке 9 показана морковь столовая, подготовленная к процессу сушки и после НВС.

Сухие порошкообразные компоненты, полученные в результате НВС (основной продукт и закваска на его основе), смешивали в определенных пропорциях и заливали водой комнатной температуры 22...24°C в соответствующем количестве. Через 3-5 минут закваска растворялась полностью, а сухой продукт только частично. Далее напитки ферментировали в течение 10-12 часов. После этого времени получали готовый ферментированный напиток с мякотью, содержащий пробиотики, каротиноиды, сахара и полезные бактерии в количестве, превышающем 10^5 КОЕ/см³. Полученные ферментированные напитки с мякотью на основе высушенного методом НВС продукта из капусты и моркови обладали более ярким вкусом и насыщенным ароматом по сравнению с базовыми. Но при этом они уступали по цвету и прозрачности из-за присутствия мякоти. Органолептические свойства ферментированного напитка на основе капусты отражены в диаграмме на рис. 12.

В следующей части экспериментов было проведено сравнение процесса ферментации моркови столовой при различных стартовых условиях и получение из нее ферментированного напитка.

Существует два основных способа пищевой ферментации:

1. Естественная ферментация. При таком способе продукт преобразуется эпителийной микрофлорой, то есть микроорганизмами, уже живущими на его поверхности. Наиболее часто данным способом готовят традиционные ферментированные продукты: квашеную капусту, кимчи, моченые яблоки.

2. Ферментация с использованием стартовых культур. При данном способе к сырому продукту добавляют некоторое количество готовой культуры микроорганизмов (закваску, дрожжи, ферментированный продукт). Этот способ позволяет сделать процесс ферментации более контролируемым, увеличить скорость процесса и получать продукт с заданными свойствами.

Естественная ферментация является менее контролируемым процессом и требует довольно больших затрат времени. Для получения продукта с заданными свойствами, оптимизации процесса ферментации и снижения сроков получения готового продукта больше подходит ферментация с использованием стартовых культур.

В эксперименте участвовали 3 образца. Подготовленная морковь, в одинаковом количестве была помещена в идентичные емкости под гнет (рис. 10).

В ходе эксперимента каждые сутки фиксировали значение pH ферментированного морковного напитка, а также содержание сахара в нем. В образце 1 процесс ферментации протекал естественным образом. В образце 2 было внесено дополнительное количество сахара, которое должно было повысить скорость ферментации. В образце 3 была внесена заранее подготовленная ферментированная морковь, высушенная способом НВС. Процесс ферментации образца 1 составил 12 суток и был остановлен, когда значение pH на протяжении двух дней подряд оказалось ниже 4,6 и не имело значительного перепада. Аналогичным образом (при достижении pH ниже 4,6) останавливался эксперимент в образцах 2 и 3. Образец 1 по органолептическим свойствам получился пригодным к употреблению, прозрачным на свет и с довольно ярким вкусом и ароматом.



Рис. 10. Ферментированный напиток из моркови столовой под гнетом
Fig. 10. Fermented carrot drink from a canteen under oppression

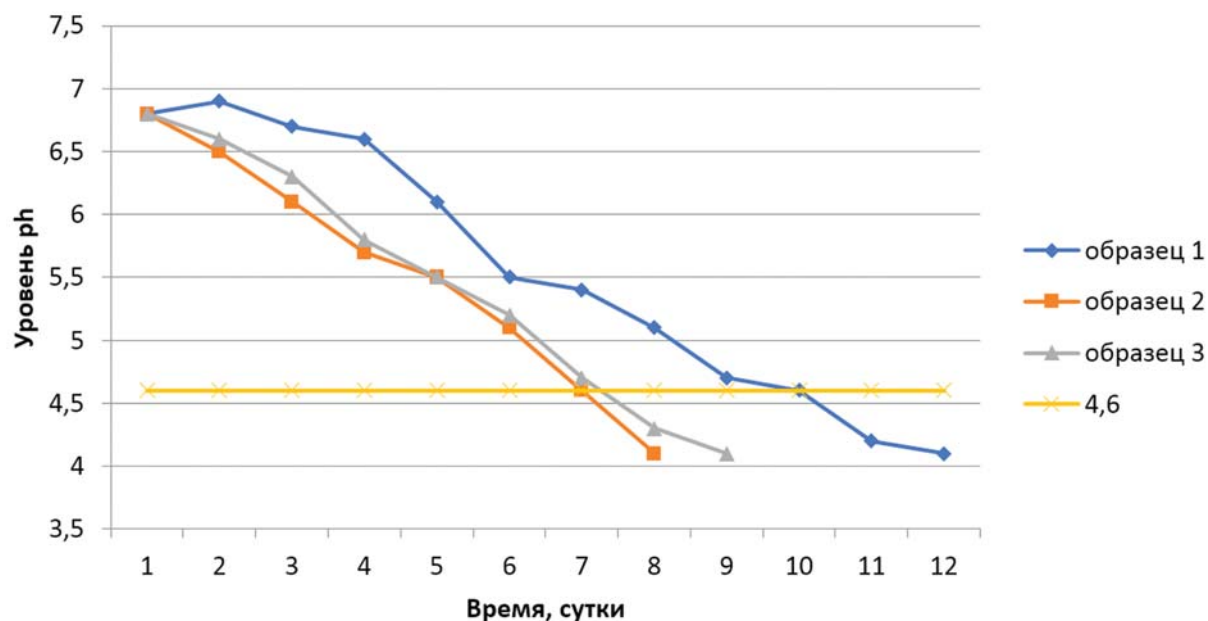


Рис. 11. Динамика изменения уровня кислотности при ферментации морковного напитка
Fig. 11. Dynamics of changes in the acidity level during fermentation of carrot drink

том. Образец 2 достиг нужных значений pH на 8 сутки, но при этом не имел яркого вкуса и насыщенности, был более «пустым». Образец 3 дошел до нужного состояния на 9 сутки, при этом имел такой же вкус и аромат, как базовый образец 1. Результаты процессов ферментации образцов были сведены в график (рис. 11).

На основании проведенного эксперимента за базовый был взят образец 1, как полученный в результате естественной ферментации моркови. Образец 2 достиг нужного уровня pH в 1,5 раза быстрее за счет добавления сахара. Однако это оказало влияние на органолептические свойства конечного напитка, ослабив его вкус и аромат. Подобный способ влияния на процесс фер-

ментации не является оптимальным. Образец 3 ферментировался и достиг нужного уровня pH в 1,33 раза быстрее базового. При этом вкус и аромат были идентичны образцу 1. Использование высушенной методом НВС закваски (из ферментированной моркови), ускоряет процесс ферментации моркови и не оказывает влияния на конечные органолептические характеристики.

Результаты оценки органолептических свойств полученных восстановленных ферментированных напитков из капусты представлены на рисунке 12.

Органолептические свойства «восстановленного» из сухого продукта ферментированного напитка на

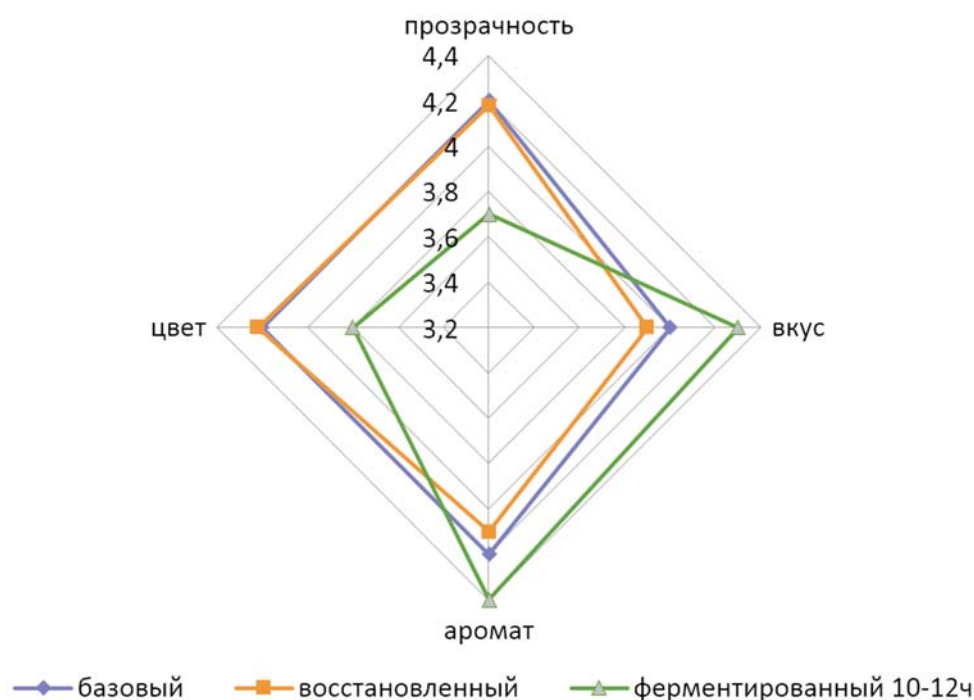


Рис. 12. Профилограмма результатов органолептической оценки ферментированных напитков из капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка
Fig. 12. Profilogram of the results of organoleptic evaluation of fermented beverages from cabbage of the F₁ Severyanka

основе капусты белокочанной были практически идентичны базовому, незначительно уступив во вкусе и аромате. При этом сухие ферментированные продукты (основа для приготовления ферментированного напитка из капусты белокочанной, моркови столовой) имеют более длительный срок хранения по сравнению с базовыми, а также обладают минимальным весом и объемом, что является огромным преимуществом и делает возможным использование их в рационе питания космонавтов.

Выводы

1. По биохимическим и органолептическим показателям качества отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша пригодны к различным видам переработки, в том числе к ферментации и изготовления сушеных ферментированных продуктов.

2. Использование сухих заквасок, созданных на основе ферментируемых продуктов (морковь столовая) методом НВС, является целесообразным и позволяет влиять на сроки получения и микробиологический состав конечного ферментированного продукта, не снижая его органолептические свойства.

3. Способ НВС, на основании сравнительных данных о содержании микроорганизмов в сушеной ферментированной капусте, является приоритетным по сравнению с сублимационной сушкой.

4. Сохранение полезных микроорганизмов, в том числе ароматообразующих бактерий, в сухих ферментированных продуктах делает их пригодными для включения в рацион питания. В том числе они могут быть интегрированы в космическое меню для обогащения его вкусового разнообразия, а также микробиологического состава.

Литература

1. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Панкина И.А. Овощные ферментированные напитки. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2015;(1):173–179. EDN TIJTLN.
2. Кригер О.В. Научные и практические аспекты получения ферментированных напитков. *Актуальные вопросы индустрии напитков*. 2017;(1):65–66. EDN YKVYXG.
3. Меренкова С.П., Резанова М.А. Технологические аспекты получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2022;10(1):76–85. <https://doi.org/10.14529/food220109>. EDN NEIJWD.
4. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Семёнова Е.Ю. Разработка технологии получения ферментированных напитков функционального назначения из овощного сырья. В сб. «Проблемы гигиены и технологии питания. Современные тенденции и перспективы развития.» материалы международной научно-практической конференции, 19-20 апреля 2012 г. Донецк: Изд-во Донецкого университета экономики и торговли им. Туган-Барановского. 2012. С.16-17.
5. Лисицын А. Б., Лунина О. И., Чернуха И. М. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом. *Теория и практика переработки мяса*. 2018;3(1):29–45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45>
6. Агуреев А.Н. [и др.]. Физиолого-гигиеническая оценка рационов питания орбитальной станции «Мир». *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1994;(5):8–12.
7. Павлова Л.П., Лукьянова Л.В., Евстигнеева Н.И., Шаклеина А.Ю. Напитки с добавлением кофе и какао в питании космонавтов: инновационное сырье – основа качественных напитков. *Пиво и напитки*. 2014;(1):16–18. EDN RVOKOD.
8. Добровольский В.Ф. Использование современных технологий для разработки и обеспечения питанием космонавтов. *Индустрия питания*. 2016;1(1):33–36. EDN YHWORZ.
9. Добровольский В.Ф., Павлова Л.П., Лындина М.И. Разработка инновационных технологий пищевых продуктов для питания космонавтов. *Индустрия питания*. 2019;4(3):34–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX.
10. Аристов Н.И. Космическое питание. Технологии. История и современность. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS.
11. Павлова Л.П., Стоянова Л.И., Шаклеина А.Ю., Герман А.Д. Кисломолочные продукты в питании космонавтов на

Международной космической станции. *Пищевая промышленность*. 2015;(1):12–13. EDN TKLVKN.

12. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Панкина И.А. Перспективные направления переработки овощного сырья Северо-Западного региона. *Conduct of modern science - 2014. Materials of the X international scientific and practical conference. Editor: Michael Wilson. - Том. 22. Chemistry and chemical technology. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Science and education LTD*. 2014;(22):59–62.

13. Комаров В.И., Иванова Е.А. Ферменты для производства продуктов питания // *Пищевая промышленность*. 1997;(12):12–14.

14. Афанасьева В.С., Кузнецова Е.Н., Спиренкова А.М. Сброженные овощные соки. *Пищевая промышленность*. 1992;(1):22–23.

15. Шингисов А.У. Вакуум-сублимационная сушка сгущенных кисломолочных продуктов с растительными добавками. *Пищевая промышленность*. 2011;(10):24–25. EDN OGUISD.

16. ГОСТ 9225 Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. [Электронный ресурс] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200021610>. Дата обращения: 25.02.24.

17. ГОСТ 8756.1-2017 Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157570>. Дата обращения: 25.02.24.

18. Янченко Е.В., Волкова Г.С., Куксова Е.В., Вирченко И.И., Янченко А.В., Серба Е.М., Иванова М.И. Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов. *Техника и технология пищевых производств*. 2023;53(1):131–139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420>. EDN FOEDXY.

19. Терешонок В.И., Маркарова М.Ю., Посокина Н.Е., Бондарева Л.Л., Надежкин С.М. Влияние сортовых особенностей капусты белокочанной на качество продукции при квашении после длительного хранения. *Овощи России*. 2019;(6):91–95. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-91-95> EDN OVKPAL.

20. Гаспарян Ш.В. Инновационные технологии в производстве солено-квашеной продукции. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 129 с. ISBN 978-5-9675-1272-8. EDN ZFERKX.

21. Иванова М.И., Янченко Е.В., Янченко А.В., Вирченко И.И. Качество и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания. *Техника и технология пищевых производств*. 2021;51(4):690–700. <https://doi.org/10.21603/2074-9414->

2021-4-690-700. EDN SOVSHZ.

22. Чернега О.П., Казимирченко О.В. Совершенствование технологии производства квашеной белокочанной капусты с применением молочнокислых бактерий. *Известия КГТУ*. 2020;(58):102-115. EDN BDHBFLL.

23. Патент № 2309982 C2 Российская Федерация, МПК C12N 1/20, A23C 9/12, C12R 1/15. способ получения бактериального концентрата пропионово-кислых бактерий: № 2005117901/13: заявл. 09.06.2005: опубл. 10.11.2007 / И.С. Хамагаева, С.М. Тумурова; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Восточно-Сибирский государственный технологический университет. EDN VDXSJY.

• References

1. Belokurova E.S., Borisova L.M., Pankina I.A. Vegetable fermented drinks. *Processes and food production equipment*. 2015;(1):173–179. EDN TIJTLN. (In Russ.)
2. Krieger O.V. Scientific and practical aspects of obtaining fermented beverages. *Current issues of the beverage industry*. 2017;(1):65–66. EDN YKVYXG. (In Russ.)
3. Merenkova S.P., Rezanova M.A. Technological aspects of producing fermented beverages with antioxidant properties based on grain raw materials. *Bulletin of the South Ural State University. series: food and biotechnology*. 2022;10(1):76–85. <https://doi.org/10.14529/food220109>. EDN NEIJWD. (In Russ.)
4. Belokurova E.S., Borisova L.M., Semenova E.Y. Development of technology for the production of fermented functional drinks from vegetable raw materials. In the collection "Problems of hygiene and nutrition technology. Modern trends and development prospects." materials of the international scientific and practical conference, April 19-20, 2012-Donetsk: Publishing House of the Donetsk University of Economics and Trade named after Tugan-Baranovsky. 2012. pp. 16–17. (In Russ.)
5. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I. Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad. *Theory and practice of meat processing*. 2018;3(1):29–45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45> (In Russ.)
6. Agureev A.N. [et al.]. Physiological and hygienic assessment of the nutrition rations of the Mir orbital station. *Aerospace and environmental medicine*. 1994;(5):8–12. (In Russ.)
7. Pavlova L.P., Lukianova L.V., Evstigneeva N.I., Shakleina A.Yu. Drinks with coffee and cocoa addition in the diet of astronauts. *Beer and drinks*. 2014;(1):16–18. EDN RVOKOD. (In Russ.)
8. Dobrovolsky V. F. The use of modern technologies for the development and nutrition of astronauts. *Food industry*. 2016;1(1):33–36. EDN YHWORZ. (In Russ.)
9. Dobrovolsky V. F., Pavlova L.P., Lyndina M.I. Development of innovative food technologies for nutrition of astronauts. *Food industry*. 2019;4(3):34–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX. (In Russ.)
10. Aristov N.I. Space food. technologies. History and present. *Actual problems of aviation and cosmonautics*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS. (In Russ.)

11. Pavlova L.P., Stoyanova L.I., Shakleina A.Yu., German A.D. Fermented products in the astronauts diet on the International Space Station. *Food industry*. 2015;(1):12–13. EDN TKLVKN.

12. Belokurova E.S., Borisova L.M., Pankina I.A. Promising directions for processing vegetable raw materials of the Northwestern region. *Conduct of modern science - 2014. Materials of the X international scientific and practical conference*. Editor: Michael Wilson. - T. 22. *Chemistry and chemical technology. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Science and education LTD*. 2014;(22):59–62. (In Russ.)

13. Komarov V.I., Ivanova E.A. Enzymes for food production. *Food industry*. 1997;(12):12–14. (In Russ.)

14. Afanasyeva V.S., Kuznetsova E.N., Spirenkova A.M. Fermented vegetable juices. *Food industry*. 1992;(1):22–23. (In Russ.)

15. Shingisov A.U. Vacuum-sublimated to drying of the condensed sour-milk products with vegetable additives. *Food industry*. 2011;(10):24–25. EDN OGUISD. (In Russ.)

16. GOST 9225 Milk and dairy products. Methods of microbiological analysis. [Electronic resource] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200021610>. Date of application: 02/25/24. (In Russ.)

17. GOST 8756.1-2017 Processed fruits, vegetables and mushrooms. Methods for determining organoleptic parameters, mass fraction of components, net weight or volume [Electronic resource] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157570> . Date of application: 02/25/24. (In Russ.)

18. Yanchenko E.V., Volkova G.S., Kuksova E.V., Virchenko I.I., Yanchenko A.V., Serba E.M., Ivanova M.I. Chemical Composition and Sensory Profile of Sauerkraut from Different Cabbage Hybrids. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(1):131–139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420> . EDN FOEDXY. (In Russ.)

19. Tereshonok V.I., Markarova M.Yu., Posokina N.E., Bondareva L.L., Nadezhkin S.M. Influence of varietal characteristics the cabbage in the quality of the products used for pickling after a long storage period. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):91–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-91-95> EDN OVKPAL.

20. Gasparyan Sh.V. Innovative technologies in the production of pickled products. Moscow: Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev Agricultural Academy, 2015. 129 p. ISBN 978-5-9675-1272-8. EDN ZFERKX. (In Russ.)

21. Ivanova M. I., Yanchenko E. V., Yanchenko A.V., Virchenko I. I. Quality and Optimal Shelf Life of Late Season Green Cabbage. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):690–700. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700> . EDN SOVSHZ. (In Russ.)

22. Chernega O.P., Kazimирchenko O.V. Improvement of sour white cabbage technology with the application of lactic-acid bacteria. *KSTU news*. 2020;(58):102–115. EDN BDHBFLL. (In Russ.)

23. Patent No. 2309982 C2 Russian Federation, IPC C12N 1/20, A23C 9/12, C12R 1/15. method for obtaining bacterial concentrate of propionic acid bacteria: No. 2005117901/13: application. 06/09/2005: publ. 11/10/2007 / I.S. Khamagaeva, S.M. Tumurova; applicant State Educational Institution of Higher Professional Education East Siberian State Technological University. EDN VDXSJY. (In Russ.)

Об авторах:

Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук,

ведущий научный сотрудник,

<https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-код: 6301-7782

Кирилл Андреевич Зыкин – аспирант, инженер лаборатории систем

хладоснабжения и теплофизических измерений,

<https://orcid.org/0009-0005-6718-8671>,

автор для переписки, kirill1580@yandex.ru

Николай Эрнестович Каухчешвили – кандидат технических наук,

заведующий лабораторией замороженных

и обезвоженных пищевых продуктов,

<https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-код: 7195-0990

Алексей Алексеевич Грызунов – научный сотрудник лаборатории

замороженных и обезвоженных пищевых продуктов,

<https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-код: 2783-5980

About the Authors:

Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture),

Leading Researcher,

<https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-code: 6301-7782,

Corresponding Author, elena_0881@mail.ru

Kirill A. Zykin – postgraduate student, engineer

of the Laboratory of Cooling systems and Thermophysical Measurements,

<https://orcid.org/0009-0005-6718-8671>,

Correspondence Author, kirill1580@yandex.ru

Nikolay E. Kauchcheshvili – Cand. Sci. (Engineering),

Head of the Laboratory of Frozen and Dehydrated Food Products,

<https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-code: 7195-0990

Alexey A. Gryzunov – Researcher at the Laboratory

of Frozen and Dehydrated Foods,

<https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-code: 2783-5980

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-37-42>
УДК: 635.52:581.19:631.531

В.А. Харченко¹, Н.А. Голубкина^{2*},
Л.Н. Скрыпник³, О.К. Мурариу³, Д. Карузо⁴

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

²Балтийский университет
им. Иммануила Канта
236040, Россия, Калининград

³Ясский Университет Естественных Наук
Иона Ионеску де ла Брада
700440, Румыния, Яссы

⁴Неаполитанский университет им. Федерико II
80055, Италия, Неаполь

*Корреспонденция: segolubkina45@gmail.com

Вклад авторов: В.А. Харченко – концептуализация, редактирование рукописи. Н.А. Голубкина – концептуализация, проведение биохимических исследований, написание и редактирование рукописи. Скрыпник Л.Н. – проведение биохимических исследований, валидация. Мурариу О.К. – валидация, методология. Д. Карузо – концептуализация, валидация, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Голубкина Н.А. (с 2008 года) и Джанлука Карузо (с 2017 года) являются членами редакционной коллегии журнала «Овощи России», но они не имеют никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Благодарности: Авторы выражают признательность Институту Медико-Биологических Проблем за предоставленную возможность подвергнуть селена салата длительному хранению на МКС.

Для цитирования: Харченко В.А., Голубкина Н.А., Скрыпник Л.Н., Мурариу О.К., Карузо Д. Особенности биохимических показателей и элементного состава сортов салата *Lactuca sativa* L., выращенных из семян после длительного хранения на МКС. *Овощи России*. 2024;(2):37-42.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-37-42>

Поступила в редакцию: 17.02.2024

Принята к печати: 12.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Viktor A. Kharchenko¹, Nadezhda A. Golubkina^{2*}, Liubov N. Skrypnik³, Otilia Cristina Murariu³, Gianluca Caruso⁴

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

²Institute of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University
236040 Kaliningrad, Russia

³"Ion Ionescu de la Brad"
Iasi University of Life Sciences
Iasi, Romania, 700440

⁴Department of Agricultural Sciences,
University of Naples Federico II
Naples, Italy, 80055

*Correspondence: segolubkina45@gmail.com

Authors Contribution: Kharchenko V.A. – conceptualization and manuscript revision; Golubkina N.A. – conceptualization, conceived the experimental protocol, writing the draft and final version of the manuscript; Murariu O.K. – validation, methodology; Caruso G. – conceptualization, validation and manuscript revision.

Conflict of interest. Golubkina N.A. (since 2008) and Gianluca Caruso (since 2017) have been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia", but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the Institute of Medical and Biological Problems for the opportunity to subject lettuce selenium to long-term storage on the International Space Station.

For citation: Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Skrypnik L.N., Murariu O.C., Caruso G. Peculiarities of biochemical and mineral composition of lettuce *Lactuca sativa* L. grown from seeds after long-term storage in the International Space Station. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):37-42. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-37-42>

Received: 17.02.2024

Accepted for publication: 12.03.2024

Published: 25.03.2024

Особенности биохимических показателей и элементного состава сортов салата *Lactuca sativa* L., выращенных из семян после длительного хранения на МКС

РЕЗЮМЕ

Хранение семян сельскохозяйственных растений в условиях космических станций является эффективным методом осуществления быстрой селекции растений на повышенную адаптационную способность, накопление биологически активных соединений и продуктивность. Изучены особенности биохимического и минерального состава (ИСП-МС) салата, выращенного в пленочной теплице из семян, хранившихся в течение года на Международной Космической Станции (МКС). Показана высокая межсортная вариабельность в отзывчивости салата на воздействие микрогравитации и космического излучения по показателям урожая, биометрических показателей, антиоксидантного статуса и минерального состава растений. Так, среди сортов Петрович, Синтез, Московский парниковый, Пикник, Кавалер и Букет, опытные семена только первых 4х сортов оказались всхожими. Урожайность достоверно повышалась у сорта Московский парниковый, а для сортов Петрович, Синтез и Пикник наблюдалась тенденция к снижению урожайности. Возрастание накопления фотосинтетических пигментов под действием космического стресса было выявлено у сорта Московский парниковый, и именно этот сорт отличался повышенным уровнем пролина в листьях и наименьшим содержанием МДА. Достоверного изменения других показателей антиоксидантного статуса растений, выращенных из космических семян, не наблюдалось, однако, под действием микрогравитации и радиации значительно изменялся минеральный состав взрослых растений. Среди исследованных 23 элементов выявлено достоверное увеличение уровней ванадия, селена, железа и хрома по сравнению с контрольными растениями. Установлены достоверные взаимосвязи между Ca, Sr, Cd, Co, Mg, Mo и Pb ($r>0.9$; $p<0.001$).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Lactuca sativa L., семена, микрогравитация, радиация, селен, ванадий, хром, железо, антиоксиданты

Peculiarities of biochemical and mineral composition of lettuce *Lactuca sativa* L. grown from seeds after long-term storage in the International Space Station

ABSTRACT

Seed storage of agricultural crops in the conditions of International Space Station (ISS) is an effective method of quick plant breeding aimed to enhance the adaptability, and improve the biologically active compound accumulation and crop yield. Biochemical and mineral composition (ICP-MS) of lettuce grown in greenhouse from seeds stored for one year at the ISS was assessed. High varietal differences in lettuce tolerance to the effect of micro-gravity and radiation were evaluated using the values of yield, biometrical parameters, antioxidant status and plant mineral composition. Among the cultivars studied, i.e. Petrovich, Synthesis, Moskovsky parnikovoy, Picnic, Cavalier and Bouquet, only the cvs. Retrovich, Synthesis, Moskovsky parnikovoy and Picnic retained seed viability. Significant yield increase was recorded for the cv. Moskovsky parnikovoy, while the cvs. Petrovich, Synthesis and Picnic demonstrated a tendency to the yield decrease. Improvement of photosynthetic pigment accumulation due to seed space storage was recorded for the cv. Moskovsky parnikovoy and, particularly, the latter cultivar differed from the other cvs. due to the significantly higher proline level and lower MDA levels in leaves. Though space stress did not cause any significant decrease in antioxidant accumulation of plants, the latter demonstrated valuable changes in mineral composition. Among the 23 elements tested, V, Se, Fe and Cr showed higher concentrations compared to those in the control plants. Positive correlations between Ca, Sr, Cd, Cp, Mg, Mo and Pb were recorded ($r>0.9$; $p<0.001$).

KEYWORDS:

Lactuca sativa L., seeds, space stress, productivity, selenium, vanadium, chromium, iron, antioxidants



Введение

В процессе освоения космоса значительное внимание уделяется влиянию микро- гравитации и космического излучения на рост и развитие растений, а также возможности использования семян, хранившихся на МКС, для ускорения селекции и получения растений, отличающихся повышенным урожаем, высокими адаптационной способностью и качеством продукции [1]. Многочисленные исследования, проведенные на семенах более чем 140 видов растений [2-4], позволили выделить более 200 сортов, получивших вследствие хранения семян в условиях космической станции повышенные показатели устойчивости к заболеваниям, урожайности и качества продукции [5]. Установлено, что микрогравитация и космическое излучение являются важнейшими стрессовыми факторами для растений, приводя к значительным генетическим изменениям [6]. Длительность воздействия этих факторов на растения непосредственно определяет интенсивность мутаций [7]. Отмечается высокая межвидовая и межсортовая вариабельность в отклике растений на воздействие микрогравитации и радиации [7]. Изменению подвержены такие показатели растений, как накопление белка [8], моно- и дисахаров, полифенолов, витаминов и других природных антиоксидантов, а также показателя стрессоустойчивости пролина [9] и уровня перекисного окисления липидов [10]. Отдельные исследования указывают на возможность изменения минерального состава растений под действием этих специфических факторов [10,11]. В то же время следует отметить, что хранение семян в условиях космической станции может иметь разнонаправленный характер, ускоряя или ингибируя рост и развитие растений, выращенных из этих семян.

Целью настоящего исследования было установление межсортовых особенностей изменения растений салата в результате длительного хранения семян в условиях Международной Космической Станции.

2. Материалы и методы

Семена 6 сортов салата (Синтез, Кавалер, Петрович, Пикник, Московской парниковый, Букет) хранили в запаянных фольгированных пакетах на МКС с 05.10.2021 по 10.10.2022. Температура воздуха составила 22...23°C, влажность внутри пакетов – 25%. В качестве контрольных образцов использовали семена салата в аналогичной упаковке, хранившиеся в этот же период в Федеральном научном центре овощеводства.

Посев семян осуществляли в теплице 20 апреля 2023 года в пластиковые контейнеры объемом 7.5 л из расчета 6 растений/контейнер при трехкратной повторности. Урожай собирали 15 мая 2023 года.

После сбора урожая немногочисленные частицы почвы удаляли с листьев, при необходимости листья промывали водой и высушивали, используя фильтровальную бумагу. После оценки биометрических показателей листья гомогенизировали и использовали для определения содержания сухого вещества, фотосинтетических пигментов, аскорбиновой кислоты. Часть гомогената высушивали при 70°C до постоянной массы, повторно гомогенизировали с получением порошка, используемого в дальнейшем для установления содержания антиоксидантов и минерального состава.

Содержание сухого вещества устанавливали гравиметрически путем высушивания образцов при 70°C до постоянной массы.

Уровень накопления фотосинтетических пигментов листьями салата оценивали на спектрофотометре по величинам поглощения спиртовых экстрактов листьев при 664, 649 и 470 нм согласно эмпирическим формулам, разработанным Lychtentailer [12].

Уровень аскорбиновой кислоты определяли титрометрически, используя реактив Тиллманса [13].

Содержание полифенолов в экстрактах салата в 70% этаноле устанавливали спектрофотометрически с использованием реактива Фолина-Чиокалтеу, величину общей антиоксидантной активности спиртовых экстрактов – титрометрически согласно [13].

Концентрацию пролина в растворе 3% сульфосалициловой кислоты определяли по стандартной методике на спектрофотометре по величине поглощения экстракта после нагревания последнего с раствором нингидрина при 505 нм [14].

Интенсивность перекисного окисления липидов оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА), используя реакцию с тиобарбитуровой кислотой [15].

Минеральный состав образцов анализировали методом ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США) в ООО Микронутриенты с использованием внутреннего стандарта (Merck IV, полиэлементный стандартный раствор) и стандартные растворы Р, Si и V производства Perkin-Elmer).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием критерия Стьюдента, используя компьютерную программу Excel.

3. Результаты и обсуждения

Урожай и биометрические показатели

Проведенные исследования выявили высокую межсортовую специфичность к воздействию космического стресса у салата. Так, из 6 исследованных сортов только 4 проявили высокую всхожесть семян, в то время как семена сортов Кавалер и Букет не дали всходов после одного года хранения на МКС. Известно, что длительность воздействия микрогравитации и космической радиации в условиях МКС определяет интенсивность генетических изменений, что в ряде случаев может отрицательно сказываться на жизнеспособности семян [16]. Так, ранее было описано ингибирование всхожести семян руколы после хранения семян в течение года на МКС [17]. С другой стороны, данные биометрического анализа растений, полученных из контрольных и опытных образцов семян салата выявили увеличение роста салата сортов Синтез и Московский парниковый в 1.37 и 1.16 раз соответственно, в то же время для сортов Пикник и Петрович достоверных различий по этому показателю выявлено не было (табл. 1). При этом, указанные сорта салата статистически не отличались по содержанию сухого вещества в листьях, высоте растений и площади листовой поверхности. Показательно, что в предыдущем исследовании площадь листовой поверхности растений руколы и горчицы сарептской, выращенных из семян, побывавших в космосе, была достоверно выше, чем у контрольных растений [10]. Данные таблицы 1 свидетельствуют также о незначительных изменениях содержания сухого вещества во всех исследованных сортах салата.

Таблица 1. Урожайность и биометрические характеристики контрольных и опытных растений салата
Table 1. Yield and biometrical characteristics of control and experimental lettuce plants

Показатель Parameter	Петровиц cv. Petrovich		Синтез cv. Synthesis		Московский парниковый cv. Moskovsky parnikovy		Пикник cv. Picnic	
	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.
Масса, г/сосуд Weight, g/pot	305a	275a	168b	230a	191a	221a	174a	154a
Высота, см Height, cm	23a	23a	23b	27a	18b	22a	25a	23a
Площадь листа, см ² Leaf area, cm ²	0.75a	0.80a	0.91a	0.90a	0.76a	0.80a	0.88a	0.84a
Сухое вещество, % Dry weight, %	4.7a	4.7a	4.9a	4.7a	5.8a	5.5a	5.9a	5.6a

Для каждого сорта значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

For each cultivar values in lines with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

Антиоксидантный статус

Изменение уровня фотосинтетических пигментов в результате воздействия космического стресса на семена салата (табл. 2) оказались значимыми только для сортов Московский парниковый и Петровиц, что хорошо коррелировало с возрастанием массы опытных растений по сравнению с контрольными. Значимое снижение уровня фотосинтетических пигментов наблюдалось у сорта Пикник: общего хлорофилла в 1.28 раз и каротина – в 1.75 раза.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что изменение содержания хлорофиллов и особенно каротиноидов в растениях под действием космического стресса сортоспецифично, что косвенно указывает на изменение в опытных образцах показателей, непосредственно связанных с эффективностью фотосинтеза: усвоения световой энергии, уровня антиоксидантной защиты, интенсивности биосинтеза фитогормонов

[18,19] и стабилизации фотосинтетического аппарата [20]. Согласно полученным данным взаимосвязь между накоплением хлорофилла и каротина в листьях опытных и контрольных образцов салата характеризуется высоким коэффициентом корреляции, достигающим 0.952 при $p < 0.001$.

С другой стороны, следует отметить, что такие показатели антиоксидантного статуса, как общая антиоксидантная активность, содержание аскорбиновой кислоты, полифенолов, пролина и малонового диальдегида (показателя интенсивности перекисного окисления липидов) изменялись незначительно в результате космического стресса (табл.3). Была отмечена только тенденция к возрастанию общей антиоксидантной активности и накопления пролина салатом, выращенным из семян, побывавших в космосе, однако, достоверных различий между контрольными и опытными образцами листьев выявлено не было.

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях контрольных и опытных растений (мг/г сырой м.)
Table 2. Content of photosynthetic pigments in leaves of control and space treated plants (mg/g f.w.)

Показатель Parameter	Петровиц cv. Petrovich		Синтез cv. Synthesis		Московский парниковый cv. Moskovsky parnikovy		Пикник cv. Picnic	
	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.
Хлорофилл а Chlorophyll a	0.51b	0.62a	0.59a	0.57a	0.51a	0.60a	0.82a	0.62b
Хлорофилл b Chlorophyll b	0.32a	0.34a	0.35a	0.34a	0.30b	0.38a	0.45a	0.37b
Общий хлорофилл Total Chlorophyll	0.83a	0.96a	0.94a	0.91a	0.81b	0.98a	1.27a	0.99b
Каротин Carotene	0.09b	0.13a	0.12a	0.11a	0.11a	0.13a	0.21a	0.12b
Хлорофилл а/ хлорофилл b Chlorophyll a/ Chlorophyll b	1.59	1.82	1.69	1.68	1.70	1.58	1.82	1.68
Хлорофилл/каротин Chlorophyll/carotene	9.22	7.38	7.83	8.27	7.36	7.54	5.05	8.25

Для каждого сорта значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

For each cultivar values in lines with the same letters do not differ significantly according to Duncan test at $p < 0.05$

Таблица 3. Показатели антиоксидантного статуса листьев контрольных и опытных образцов салата
Table 3. Antioxidant status of control and experimental plant leaves

Показатель	Петрович cv. Petrovich		Синтез cv. Synthesis		Московский парниковый cv. Moskovsky parnikovy		Пикник cv. Picnic	
	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт
АК, мг/100 г сух.м. AA. mg/100 g d.w.	208.5a	236.2a	242.9a	276.6a	339.7a	321.8a	189.8a	162.5a
Пролин, мг/г сух.м. Proline. Mg/g d.w.	0.96a	0.95a	0.99a	1.05a	1.11a	1.25a	0.85a	0.96a
МДА, мкм/г сух.м. MDA. mcM/g	0.42a	0.40a	0.53a	0.48a	0.42a	0.41a	0.46a	0.48a
АОА, мг-экв ГК/г сух.м. AOA. mg-eq GA/g d.w.	29a	31.0a	28.7a	31.1a	29.5a	29.5a	26.8a	27.4a
ТР, мг-экв ГК/г сух.м. TP. mg-eq GA/ g d.w.	19.2a	18.8a	20.7a	21.1a	18.8a	18.8a	17.5a	18.2a

АК: аскорбиновая кислота; АОА: общая антиоксидантная активность; ТР: Полифенолы; МДА: малоновый диальдегид. Для каждого сорта значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

AA - ascorbic acid; AOA - total antioxidant activity; TP - polyphenols; MDA - malonic dialdehyde.

For each cultivar values in lines with the same letters do not differ significantly according to Duncan test at $p < 0.05$

Элементный профиль растений

Известно, что многие химические элементы активно участвуют в защите растений от воздействия оксидантно-го стресса. В этой связи особенно важным представляются данные изменения элементного состава растений под

действием космического стресса на семена. Высокая сортоспецифичность салата к воздействию космического стресса определила возможность установления общих закономерностей лишь для нескольких элементов (табл.4): Se, V, и в меньшей степени Fe и Cr (рис. 1).

Таблица 4. Минеральный состав листьев опытных и контрольных образцов салата (мг/кг с.м.)
Table 4. Mineral composition of control and experimental lettuce (mg/kg d.w.)

Показатель Parameter	Петрович cv. Petrovich		Синтез cv. Synthesis		Московский парниковый cv. M.parnikovy		Пикник cv. Picnic	
	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.	Контроль Control	Опыт Exper.
Зола, Ash, %	8.43a	9.55a	8.65a	6.62b	8.44a	7.60a	8.88b	11.5a
Ca	7222a	8428a	5384a	5917 a	10725a	8090b	5943a	5576a
K	64394a	73598a	69683a	49991b	60939a	58027a	74870a	81600a
Mg	2288a	2264a	1698a	1521a	2897a	2009b	1937a	1756a
Na	608a	685a	745a	526b	787a	565b	639a	551a
P	9327a	9937a	8685a	7919a	8618a	7868a	5160a	5120a
B	15.7b	19.2a	15.2a	13.5a	17.6a	15.8a	16.3a	16.7a
Co	0.082a	0.096a	0.052a	0.061a	0.100a	0.072b	0.051a	0.054a
Cu	3.86b	4.73a	3.44a	3.43a	4.21a	3.16b	2.86a	3.32a
Fe	119b	171a	72.8b	90.2a	122a	143a	81.0a	91.1a
Li	0.58a	0.64a	0.53a	0.47a	0.81a	0.57b	0.67a	0.57a
Mn	14.9a	17.6a	11.1b	16.4a	18.4a	14.2b	21.4a	19.4a
Mo	2.09a	2.47a	1.66a	1.74a	3.05a	2.64a	1.65a	1.86a
Se	0.060b	0.078a	0.054b	0.081a	0.060b	0.090a	0.059b	0.128a
Zn	26.2a	32.4a	25.4a	23.8a	35.9a	27.2b	28.2a	25.8a
Al	61.7b	125a	41.2b	58.8a	76.9a	71.7a	65.2a	58.4a
As	0.12b	0.15a	0.11a	0.079b	0.097a	0.12a	0.086b	0.13a
Cd	0.14a	0.15a	0.11a	0.10a	0.20a	0.14b	0.10a	0.098a
Cr	0.36b	0.51a	0.23b	0.35a	0.32a	0.34a	0.18b	0.24a
Ni	0.52a	0.46a	0.27b	0.42a	0.49b	0.71a	0.23a	0.27a
Pb	0.51a	0.59a	0.31a	0.38a	0.59a	0.44b	0.29a	0.34a
Sr	29.8b	43.5a	28.5a	30.5a	52.7a	39.4b	24.6a	24.9a
V	0.21b	0.39a	0.14b	0.20a	0.20b	0.26a	0.12b	0.24a

Для каждого сорта значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

For each cultivar values in lines with the same letters do not differ significantly according to Duncan test at $p < 0.05$

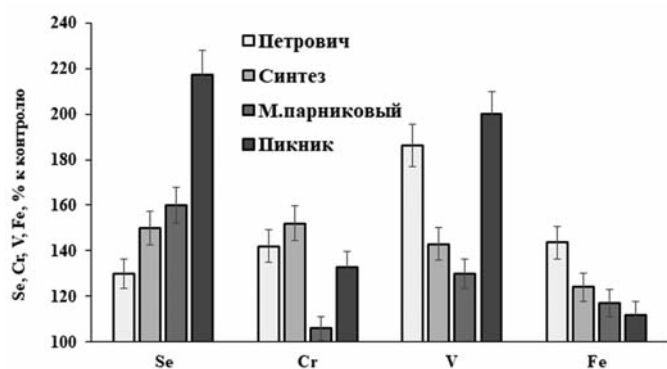


Рис. 1. Влияние космического стресса на накопление салата селена, хрома и ванадия по отношению к данным для контрольных растений

Figure 1. Effect of space stress on Se, Cr, V and Fe accumulation by lettuce, % to the control values

В настоящее время эссенциальность селена для растений не установлена, однако, хорошо известно, что повышенные концентрации микроэлемента способны значительно повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, стимулировать накопление фотосинтетических пигментов, белков, моносахаров, активировать антиоксидантную систему защиты растений [21] и, как следствие, повысить урожайность сельскохозяйственных растений и качество получаемой продукции [22]. В этой связи особенно примечательным представляется установление значимого повышения уровня селена в салате, выращенного из семян, побывавших в космосе. Интенсивность различий с контрольными растениями разных сортов возрастала в ряду: Петрович > Синтез > Московской парниковый > Пикник. Показательно, что аналогичная закономерность повышения уровня селена в растениях, выращенных из космических семян была также установлена для представителей других семейств растений: *Apiaceae*, *Brassicaceae* и *Solanaceae* [10,11]. Следует отметить, что салат не является аккумулятором селена.

Положительное или отрицательное действие ванадия [23], также как хрома [24], зависит от концентрации элементов. Высокие уровни ванадия могут ингибировать рост растений, в то время как низкие концентрации обладают ростостимулирующим действием [23]. При низких концентрациях ванадий способствует накоплению хлорофилла, аминокислот, сахаров и других антиоксидантов [23], что предполагает возможность проявление защитного эффекта микроэлемента при воздействии космического стресса на семена салата. Интересно отметить, что увеличение способности космических растений к накоплению ванадия проявляется только на салате и не выявлено у томата [11] и представителей семейства *Apiaceae* и *Brassicaceae* [10]. С другой стороны,

следует отметить, что изменение содержание хрома и железа под действием космического стресса сорто- и видоспецифично. Так, в исследовании на укропе и кориандре отмечали снижение накопления железа и хрома [10], в то время как на томате выявлено существенное возрастание уровня железа в мякоти и снижение концентрации в кожуре плодов [11]. В настоящем исследовании превышение концентрации железа в опытных образцах салата по сравнению с контрольными составило 112-144%.

Корреляционные взаимосвязи

Для исследованных элементов наиболее значимые корреляционные взаимосвязи были выявлены между эссенциальными и токсичными для растений элементами: Ca, Sr, Mg, Mo, Co и Pb (рис. 2). Выявленные взаимосвязи определяют показатели элементного статуса растений салата и представляются важными в осуществлении селекции.

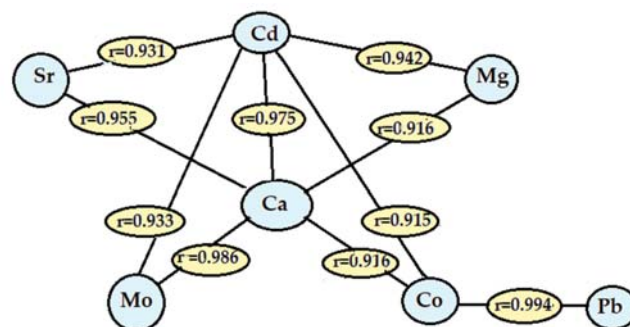


Рис. 2. Наиболее значимые корреляционные взаимосвязи между элементами в салате ($p < 0.001$)

Figure 2. The most significant relationships between elements in lettuce ($p < 0.001$)

Среди установленных взаимосвязей макро- и микроэлементов в листьях салата наиболее известной взаимосвязью является корреляция между Ca и Sr, проявляющаяся как в почвах, так и в растениях благодаря химическому сходству элементов [25]. Известно, что Ca активно участвует в усвоении Cd, ингибируя аккумуляцию последнего корнями растения, но стимулируя перенос кадмия из корней в наземную часть [26]. Положительные корреляционные взаимосвязи между Co - Pb и Co - Cd в растениях были описаны ранее в условиях Индии [27]. Взаимосвязь эссенциального молибдена и токсичного кадмия определяет защитный эффект Mo, проявляющийся в стимулировании фотосинтеза, накоплении пролина и водорастворимых белков [28]. Действительно, нами была выявлена прямая корреляция между содержанием молибдена в листьях салата и уровнем накопления пролина ($r = 0.966$, $p < 0.001$).

4. Заключение

Проведенное исследование влияния длительного хранения семян салата в условиях МКС на показатели качества и минеральный состав салата позволило впервые выявить специфические особенности отклика растений салата на воздействие космического стресса: высокие межсортовые различия в устойчивости семян к такому воздействию, низкий уровень влияния на показатели антиоксидантного статуса растений (общую антиоксидантную активность, содержание полифенолов, аскорбиновой кислоты, фотосинтетических пигментов и пролина), специфическое повышенное накопление растениями селена, ванадия и в меньшей степени хрома и железа, а также установить корреляционные взаимосвязи между элементами в растениях. Результаты работы свидетельствуют о необходимости осуществления более расширенного исследования по выявлению перспективных видов и сортов семян различных растений к воздействию микрогравитации и космического излучения в условиях МКС.

• Литература / References

- Musgrave M.E. Seeds in space. *Seed Sci. Res.* 2002;(12):1–16.
- Xianfang W., Long Z., Weixu D., Chunhua L. Study of space mutation breeding in China. *Appl. Life Sci.* 2004;(18):241–246.
- He X., Liu M., Lu J., Xue H., Pan Y. Space mutation breeding: a brief Introduction of screening New floricultural, vegetable and medicinal varieties from earth-grown plants returned from China's satellites and spaceships. In Teixeira da Silva JA (ed.), *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues*. 2006. 1st Edn. Isleworth: Global Science Books, pp. 266–271.
- Liu L.X., Guo H.J., Zhao L., Gu J., Zhao S. Advances in crop improvement by space mutagenesis in China. *ICSC*. 2008;(4):274.
- Prasad B., Richter P., Vadakedath N., Haag F.W.M., Strauch S.M., Mancinelli R., Schwarzwälder A., Etcheparre E., Gaume N., Lebert M. How the space environment influences organisms: an astrobiological perspective and review. *Int. J. Astrobiol.* 2021;(20):159–177. <https://doi.org/10.1017/S1473550421000057>.
- Ferl R.J., Koh J., Denison F., Paul A.L. Spaceflight induces specific alterations in the proteomes of *Arabidopsis*. *Astrobiol.* 2015;(15):32–56. <https://doi.org/10.1089/ast.2014.1210>.
- Caplin N.M. Developmental, morphological and physiological effects of chronic low doses of ionizing radiation on plants on Earth and in space. Ph. Dr Thesis, University of the West of England, Bristol, England, 2019.
- Deyong Z., Jie C., Yishu Y., Meng Z., Shan S., Xin G. Effects of space flight on expression of key proteins in rice leaves. *Rice Sci.* 2020;(27):423–433. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2019.12.011>.
- Hayat S., Hayat Q., Alyemeni M.N., Wani A.S., Pichtel J., Ahmad A. Role of proline under changing environments: a review. *Plant Signal Behav.* 2012;7(11):1456–66. <https://doi.org/10.4161/psb.21949>.
- Kharchenko V., Golubkina N., Skrypnik L., Murariu O.C., Vecchietti L., Caruso G. The Effect of One-year Seed Spaceflight Storage on Biochemical and Mineral Characteristics of Mature Leafy Vegetables Belonging to *Brassicaceae*, *Apiaceae* and *Asteraceae* Families *Horticulturae*. 2023;(9):535. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050535>.
- Djoss H., Golubkina N., Kondratyeva I., Koshevarov A., Shkaplerov A., Zavarikina T., Nechitailo G., Caruso G. Effect of spaceflight on tomato seed quality and biochemical characteristics of mature plants *Horticulturae*. 2021;7(5):89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050089>.
- Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio- membranes. *Methods of Enzymology*. 1987;(148):350–382.
- Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. Москва, 2020, Инфра-М. <https://doi.org/10.12737/1045420>. [Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods of their determination. Moscow 2020, Infra-M. (In Russ.)]
- Ouertani R.N., Abid G., Karmous C., Chikha M.B., Boudaya O., Mahmoudi H., Meiri S., Jansen K., Ghorbel A. Evaluating the contribution of osmotic and oxidative stress components on barley growth under salt stress. *AoB Plants*. 2021;13(4):plab034. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plab034>.
- Heath R.L., Parker L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 1968;(125):189–198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).
- Levine H.G. The Influence of Microgravity on Plants. NASA ISS Research Academy and Pre Application Meeting, 3- 5th August 2010. At url: <https://www.nasa.gov/pdf/478076main>.
- Chandler J.O., Haas F.B., Khan S., Bowden L., Ignatz M., Enfissi E.M.A., Gawthrop F., Griffiths A., Fraser P.D., Rensing S.A., Leubner-Metzger G. Rocket science: the effect of spaceflight on germination physiology, ageing, and transcriptome of *Eruca sativa* seeds. *Life*. 2020;10(4):49. <https://doi.org/10.3390/life10040049>.
- Maoka T. Carotenoids as natural functional pigments. *J. Nat. Med.* 2020;74(1):1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>.
- Jia C.-Z., Wang J.-J., Chen D.-L., Hu X.-W. Seed Germination and Seed Bank Dynamics of *Eruca sativa* (*Brassicaceae*): A Weed on the Northeastern Edge of Tibetan Plateau. *Front. Plant Sci.* 2022;(13):820925. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.820925>.
- Hashimoto H., Uragami C., Cogdell R.J. Carotenoids and photosynthesis, in Carotenoids in Nature (Cham, Switzerland: Springer). 2016. P. 111–139.
- Khan Z., Thounaojam T.C., Chowdhury D. The role of selenium and nano selenium on physiological responses in plant: a review. *Plant Growth Regul.* 2023;(100):409–433. <https://doi.org/10.1007/s10725-023-00988-0>.
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М. Печатный год, 2006. [Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selenium in Nutrition. Plants, animals, human beings. Moscow, Pechatnyy gorod, 2006. (In Russ.)]
- Hanus-Fajerska E., Wiszniewska A., Kaminska I. A dual role of vanadium in environmental systems—beneficial and detrimental effects on terrestrial plants and humans. *Plants*. 2021;(10):1110. <https://doi.org/10.3390/plants10061110>.
- López-Bucio J.S., Ravelo-Ortega G., López-Bucio J. Chromium in plant growth and development: Toxicity, tolerance and hormesis. *Environ. Pollut.* 2022;(312):120084. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120084>.
- Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. 2011, CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Zhang S., Li Q., Nazir M.M., Ali S., Ouyang Y., Ye S., Zeng F. Calcium Plays a Double-Edged Role in Modulating Cadmium Uptake and Translocation in Rice. *Int J Mol Sci.* 2020;29,21(21):8058. <https://doi.org/10.3390/ijms21218058>.
- Aslam M., Verma D.K., Dhakerya R., Rais S., Alam M., Ansari F.A. Bioindicator: A Comparative Study on Uptake and Accumulation of Heavy Metals in Some Plant's Leaves of M.G. Road, Agra City, India. *Res. J. Environ. Earth Sci.* 2012;64(12):1060–1070.
- Han Z., Wei X., Wan D., He W., Wang X., Xiong Y. Effect of Molybdenum on Plant Physiology and Cadmium Uptake and Translocation in Rape (*Brassica napus* L.) under Different Levels of Cadmium Stress. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020;(17):2355. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072355>.

Об авторах:

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, SPIN-код: 7149-9572, kharchenkoviktor777@gmail.com
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
Любовь Николаевна Скрыпник – доцент ОНХ «Институт медицины и наук о жизни», кандидат биол. наук, SPIN-код: 1488-3109, <https://orcid.org/0000-0001-6280-1194>, luba.skrypnik@gmail.com
Отилия Кристина Мурариу – кандидат с.-х. наук, доцент, факультет пищевой технологии, Университет Естественных Наук Иона Ионеску де ла Брада, <https://orcid.org/0000-0002-9612-6198>, otiliamurariu@uaiasi.ro
Джанлука Карузо – доктор с.-х. наук, факультет сельскохозяйственных наук, Неаполитанский университет им. Федерика II, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>, gcaruso@unina.it

About the Authors:

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, SPIN-code: 7149-9572, kharchenkoviktor777@gmail.com
Nadezhda A. Golubkina – Dr. Sci. (Agriculture), Head Researcher of Laboratory-Analytical Department, Correspondence Author, segolubkina45@gmail.com, SPIN-code: 9284-3454, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>
Liubov N. Skrypnik – Cand. Sci. (Biology), Assistant Professor, SPIN-code: 1488-3109, <https://orcid.org/0000-0001-6280-1194>, luba.skrypnik@gmail.com
Otilia Cristina Murariu – PhD, Assistant Professor, Department of food technology, University of Life Sciences Ion Ionescu de la Brad of Iasi, <https://orcid.org/0000-0002-9612-6198>, otiliamurariu@uaiasi.ro
Gianluca Caruso – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of vegetable crops, Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>, gcaruso@unina.it

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>
УДК: 633/635-021.51:664.8.047

С.С. Борзов^{1*}, Н.Э. Каухчешвили¹, Е.В. Янченко²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

*Автор для переписки: dons@bk.ru

Вклад авторов: Борзов С.С.: концептуализация, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Каухчешвили Н.Э.: концептуализация, методология, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, редактирование рукописи. Янченко Е.В.: концептуализация, проведение конвективной сушки, биохимических анализов, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам II Конференции «Питание в Космосе: наука, инновации, перспективы», посвящённой 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина и 300-летию Российской академии наук.

Для цитирования: Борзов С.С., Каухчешвили Н.Э., Янченко Е.В. Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню. *Овощи России*. 2024;(2):43-50.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>

Поступила в редакцию: 19.02.2024

Принята к печати: 12.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Sergey S. Borzov^{1*}, Nikolay E. Kauhcheshvili¹, Elena V. Yanchenko²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration industry -Branch of "V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences 12 Kostyakova str., Moscow, 127422, Russia

² All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

*Correspondence: dons@bk.ru

Authors' Contribution: Borzov S.S.: conceptualization, LTVD (low temperature vacuum drying), data verification, manuscript creation and editing, formal analysis. Kauhcheshvili N.E.: conceptualization, methodology, LTVD (low temperature vacuum drying), data verification, manuscript editing. Yanchenko E.V.: conceptualization, convective drying, biochemical analyses, manuscript creation and editing, formal analysis. Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication.

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the II Conference "Nutrition in Space: Science, Innovation, Prospects", dedicated to the 90th anniversary of Yu.A. Gagarin and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Borzov S.S., Kauhcheshvili N.E., Yanchenko E.V. Dehydration of plant raw materials for variety of the space menu. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):43-50. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>

Received: 19.02.2024

Accepted for publication: 12.03.2024

Published: 25.03.2024

Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню

РЕЗЮМЕ

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска способов сохранения нутриентного состава витаминного и другого необходимого сырья для создания готовых пищевых изделий, которые смогут разнообразить рацион питания космонавтов с учетом среды их обитания.

Цель – сравнение способов обезвоживания растительного сырья и создание готовых пищевых изделий с определенной степенью дегидратации, рекомендуемых для питания космонавтов. Эти способы применяли для получения так называемых «фрипсов» – разновидность снеков, так же широко применяемых и разрабатывающихся в современной пищевой промышленности.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования были плоды киви 2-х сортов и высушенные из них двумя видами сушки фрипсы.

Результаты. Обезвоживание способом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) позволяет получать готовые изделия с заданным конечным влагосодержанием, причем изделие может быть из многокомпонентного сырья. Продолжительность процесса обезвоживания способом НВС по сравнению со способом ВСС сокращается приблизительно на 10-20% в зависимости от продукта, при этом за счет отсутствия предварительного замораживания удельные энергетические затраты на сушку пищевого объекта предположительно могут быть снижены на 15-25%. Показатели качества готового сухого продукта, высушенного представленными способами сопоставимы, содержание витаминов и микроэлементов находится на почти одинаковом уровне, поэтому при выборе вида сушки можно рекомендовать способ НВС, как менее энергетически затратный. Выход товарной продукции при производстве фрипсов составляет от 15,0 до 19,5% от массы исходного сырья, что соответствует требованиям экономической эффективности производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

фрукты, ягоды, технологии, сублимационная сушка, низкотемпературная сушка, питание космонавтов, качество, биохимический состав

Dehydration of plant raw materials for variety of the space menu

ABSTRACT

Introduction. The relevance of the work is due to the need to find ways to preserve the nutrient composition of vitamins and other necessary raw materials to create finished food products that can diversify the diet of astronauts, taking into account their habitat. Goal – Comparison of methods for dehydrating plant materials and creating finished food products with a certain degree of dehydration, recommended for feeding astronauts. These methods were used to produce so-called "frips" from fresh fruits and berries; this is a type of snack that is also widely used and developed in modern industry.

Objects and methods of research. The objects of the study were several types of fruits and berries of various varieties (minimum 2) during dehydration by several types of drying.

Results. Dehydration using the LTVD (low temperature vacuum drying) method makes it possible to obtain finished products with a given final moisture content, and the product can be made from multi-component raw materials. The duration of the dehydration process using the LTVD method compared to the VFD (vacuum freeze drying) method is reduced by approximately 10-20% depending on the product, while due to the absence of preliminary freezing, the specific energy costs for drying a food object can presumably be reduced by 15-25%. Quality indicators of the finished dry product The product dried using the presented methods is comparable, the content of vitamins and microelements is at almost the same level, therefore, when choosing the type of drying, we can recommend the LTVD method as less energy-consuming. The yield of marketable products in the production of frips ranges from 15.0 to 19.5% by weight of the initial raw materials, which meets the requirements for economic efficiency of production.

KEYWORDS:

fruits, berries, technology, freeze drying, low temperature drying, astronaut nutrition, quality, biochemical composition



Введение

В шестидесятые годы прошлого века, на заре освоения космоса, многие специалисты считали, что оптимальной формой продуктов в условиях невесомости будут таблетки, содержащие необходимые микро- и макроэлементы, витамины, белки, жиры и т.п. Спустя некоторое время стало понятно, что комфортно космонавт (или астронавт) чувствовать себя может, только когда потребляет привычные продукты питания. Особенность современного космического питания в том, что используют много сублимированных продуктов. Понятно, что вакуумная сублимационная сушка (ВСС) позволяет серьёзно снизить массу продукта (до 0.1-0.25 частей от первоначального значения – что важно именно для космонавтики), при этом сохраняя все его полезные свойства [1-3]. На сегодняшний день ассортимент таких продуктов состоит из более двухсот наименований, это и готовые супы, вторые блюда, творожные и фруктовые десерты, мучные кондитерские изделия, соки и т.д. Достаточно добавить подогретую воду в специальный пакетик и можно ее употреблять.

Главной особенностью ВСС, является соблюдение технологии обезвоживания, которое включает в себя предварительного замораживания продукта. Если для готового продукта не требуется сохранения своей первоначальной формы и геометрических размеров, то обезвоживание можно осуществить способом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), что целесообразней с точки зрения снижения удельных энергетических затрат на сушку. Метод обезвоживания способом НВС принципиально отличается ВСС тем, что обезвоживание объекта происходит в вакуумной камере не обязательно предварительно замороженного, а с положительной температурой, что, в свою очередь, обеспечивает:

- 1 - сокращение продолжительности процесса сушки за счет кипения и испарения влаги, а не сублимации её;
- 2 - завершать процесс сушки практически на любой стадии, чем обеспечивается заранее принятая конечная влагосодержание готового изделия (от 3-х до 50-ти %).

Разработка космического питания – это, без сомнения, важная научно-практическая задача для современных различных отраслей науки [4-7]. Условия космоса, сложности доставки и хранения требуют безукоризненно качественного сырья, специальной подготовки всех ингредиентов продукта, специализированной упаковки для сохранности и удобства использования [8-9]. Космическая пища должна обладать высокими вкусовыми качествами и максимально походить на свои земные аналоги.

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска способов сохранения нутриентного состава витаминного и другого необходимого сырья для создания готовых пищевых изделий, которые смогут разнообразить рацион питания космонавтов с учетом среды их обитания.

Цель исследования

Сравнение способов обезвоживания растительного сырья и создание готовых пищевых изделий с определенной степенью дегидратации, рекомендуемых для питания космонавтов.

Исследовать и сравнить способы обезвоживания: сублимационная и низкотемпературная и конвективная сушка (горячим воздухом).

Определить влияние на качественные характеристики пищевых продуктов тремя способами обезвоживания, для получения так называемых «фрипсов» из плодов киви, разновидности снеков так же широко применяемых и разрабатывающихся в современной промышленности [10-14].

Условия, материалы и методы

Во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности – филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» разрабатываются технологии обезвоживания продуктов питания.

Биохимические исследования и дегустационную оценку по органолептическим показателям проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО). Сухое вещество определяли по ГОСТ 28561–90 путем высушивания навески при температуре 105°C до появления постоянной массы; витамин С – по ГОСТ 24556–89 путем его экстрагирования раствором соляной кислоты с последующим визуальным титрованием; сахара – по ГОСТ 8756.13–87, основанном на способности карбонильных групп сахаров восстанавливать в щелочной среде оксид меди (I) до оксида меди (II); нитраты – по ГОСТ 29270–95 ионометрическим методом. Органолептические свойства – по ГОСТ 8756.1-2017 «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема».

В качестве исследуемого продукта были рассмотрены «фрипсы» из плодов киви (Актинидия деликатесная – *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson).

Фрипсы – это своеобразные чипсы из фруктов и ягод, дольки фруктов и ягод, высушенные при минимальном термическом воздействии, именно поэтому они сохраняют максимальное количество полезных веществ. Фруктовые чипсы, в отличие от сухофруктов – не засахариваются при изготовлении и хранении. По факту – это те же ягоды и фрукты, только порезанные на слайсы и высушенные до определенного конечного влагосодержания.

В качестве объекта исследования использовали 2 сорта киви разной окраски плодов: зеленые Хейворд (производство Турция) и желтые Голд (производства Китай).

Плоды киви, используемые в опытах, соответствовали высшему и первому классу по ГОСТ 31823-2012 «Киви, реализуемые в розничной торговле. Технические условия». Плоды были свежие, целые, чистые, здоровые, твердые, в стадии товарной зрелости, хорошо сформировавшиеся, без стебля, не перезревшие, без повреждений насекомыми – вредителями и болезнями, без излишней внешней влажности, типичной для помологического сорта формы и окраски.

Результаты и их обсуждение

Продолжительный период времени во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности – филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» проводится серия экспериментов по обезвоживанию растительного и мясорастительного сырья разными способами сушки, что позволила получить широкий спектр данных. Были проведены эксперименты и осуществлен сравнительный анализ продолжительности обезвоживания между сублимационной и низкотемпературной вакуумной сушкой, а также анализ качества и органолептики. Данные исследования отражены в материалах конференции «Искусственный холод в XXI веке», поэтому в данной статье сублимационный способ полностью рассматриваться не будет.

Кратко о технологии продукта. Для устранения микробиологической опасности кроме традиционной подготовки исходное сырье (и мясное, и растительное) дополнительно обрабатывается натуральным биокон-

сервантом. Сырье измельчается до нужной консистенции в куттере или блендером. Мясное и растительное сырье смешивается в любой выбранной пропорции и формуется с помощью кулинарного шприца или иначе. При необходимости придать нужную форму готовому изделию можно с помощью пресса. Для исключения «прилипания» высушиваемый продукт размещается на тефлоновой подстилке в вакуумной камере, в которой и происходит процесс вакуумного обезвоживания при давлении 3-10 мм ртутного столба до заданной конечной влажности. Ниже на рисунке 1 показаны этапы процесса приготовления «чипсов» из мясорастительного сырья с добавлением ягод методом низкотемпературной вакуумной сушки. На рисунке 2 хорошо видно, что при «правильной» влажности готовый продукт не крошится и не ломается. Предложенным способом можно реализовывать практически любые сочетания исходных продуктов: с мясом, без мяса только с растительной продукцией, использовать мясо птицы или рыбы.

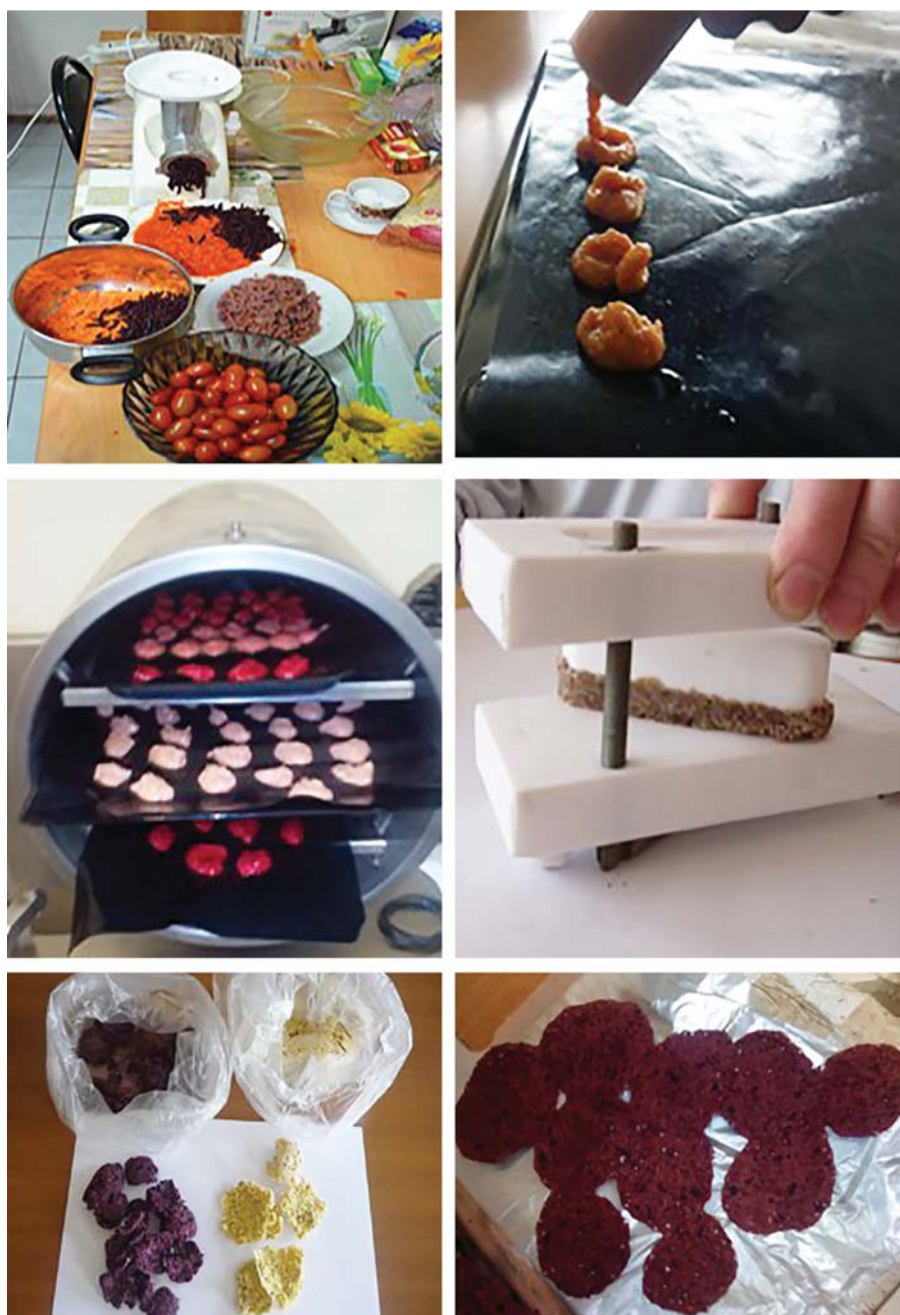


Рис. 1. Технологический процесс подготовки и обезвоживания многокомпонентного сырья методом НВС
Fig. 1. Technological process of preparation and dehydration of multi-component raw materials using the LTVD method

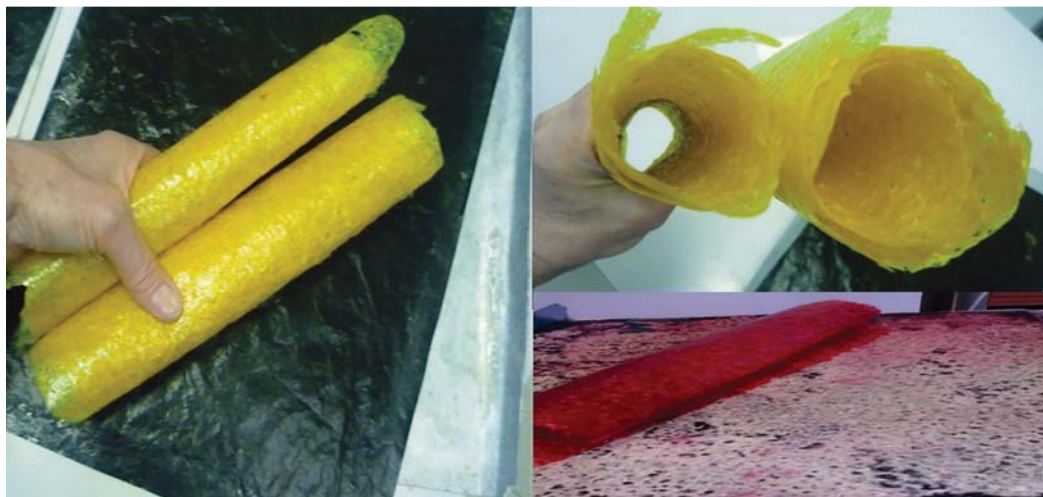


Рис. 2. Обезвоженные методом низкотемпературной вакуумной сушки «рулоны» из измельченных остатков манго и клубники с остаточной влажностью 15-20%
Fig. 2. "Rolls" of crushed mango residues and strawberries dehydrated by LTVD (low temperature vacuum drying) with a residual moisture content of 15-20%

Обработку продукта можно выполнять, например высокоэффективным консервантом, обладающим и антисептическими, и пробиотическими свойствами (разработка – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ) – филиал ФГБУН "Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи):

- однопроцентный водный раствор спиртового уксуса, содержащий *Lactobacillus plantarum* В-578/25 и полученный методом ферментации уксуснокислых бактерий;

- однопроцентный водный раствор молочной кислоты, содержащий *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Ас-103/12 и полученный методом ферментации молочнокислых бактерий.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения температуры продукта, на которой можно четко видеть принципиальное различие двух способов вакуумного обезвоживания: ВСС и НВС – в первом случае объект заморожен (BCDE), а во втором – нет (BFE).

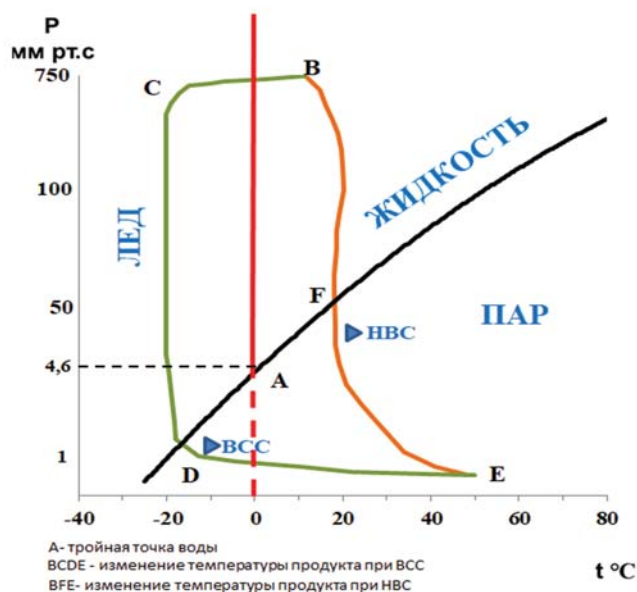


Рис. 3. Диаграмма равновесного состояния (тройной точки) воды. ВСС и НВС
Fig. 3. Diagram of the equilibrium state (triple point) of water. LTVD and VFD

Экспериментальные исследования по вакуумной сушке проводились на установке фирмы Hetosicc. Подогрев сырья осуществлялся контактным способом от нагревательных полок до температуры 40°C. В качестве теплоносителя внутри полок для подогрева использовалась вода. Температуру измеряли двумя термометрами ТРМ-200 ОВЕН (предел основной допустимой погрешности: $\pm 0,5\%$), значение вакуума – электронным вакуумметром Меродат и дублировали стрелочным вакуумметром ВО11201 (класс точности 0,4). Максимальное значение разряжения составляло 200 Па. Значение начальной и конечной влажности определяли с помощью анализатора влажности AND ML-50 (погрешность содержания влаги 0,1/1%).

Кроме продуктовых изделий из свежих плодов ягод и фруктов, были предложены и рассмотрены, многокомпонентные готовые к употреблению продукты, содержащие термически обработанное или не обработанное белковое сырье животного происхождения в различных сочетаниях с растительным. Овощи и плоды как продукты питания являются практически единственными поставщиками витаминов, пектиновых волокон и активной клетчатки, минеральных элементов щелочного характера, органических кислот и углеводов. Дефицит этой части рациона – самая распространенная ошибка питания, которая может привести к весьма серьезным отрицательным последствиям.

Экспериментально были установлены для разных видов продукции физические параметры сушки как вакуумной сублимационной, так и модифицированной технологии – вакуумной сушки без замораживания сырья.

Проанализировав проблемы питания космонавтов в условиях космического полета, рядом авторов отмечены следующие проблемы, с которыми космонавты сталкиваются: продукты должны иметь низкий вес и объем, быть готовы к употреблению и при этом не портятся при хранении в кабине корабля, имеющей температуру воздушной среды 20...25°C. Кроме того, во время приема пища не должна быть источником загрязнения воздушной среды мелкими частицами, которые могли бы попадать с вдыхаемым воздухом в дыхательные пути [7,15,16]. Если с первыми тремя проблема

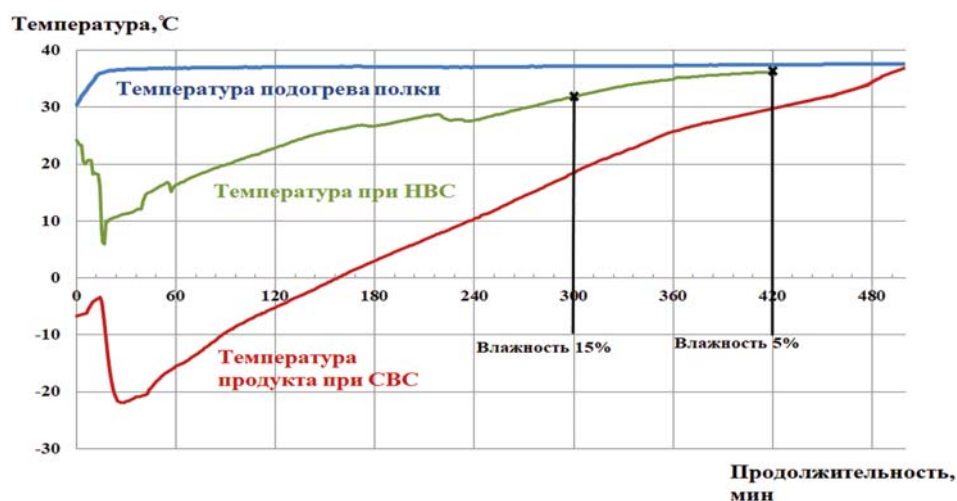


Рис. 4. Изменение температуры исследуемого образца по времени
Fig. 4. Change in temperature of the sample under study over time

справляются любые виды обезвоживания, то последнее условие не всегда выполнимо при сублимационной сушке.

Чтобы решить эту проблему, лучше всего подходит вакуумная сушка без замораживания сырья – низкотемпературная вакуумная сушка. Поскольку сухой продукт может крошиться и превращаться в мелкую пыль, что категорически невозможно допустить на борту обитаемого космического корабля или станции, то мы предлагаем для космического питания конечное значение влагосодержания готового продукта доводить до определенного коридора значений в 15-30%. Продукты с такой остаточной влажностью – не крошатся и не разваливаются на мелкие частицы, при этом могут быть многокомпонентными (мясо + овощи + фрукты + ягоды + сыр + и т.п.) – по консистенции, например, как сыровяленая колбаса или сухофрукты.

Экспериментально была подтверждена особенность модифицированной технологии сушки – вакуумной сушки без замораживания сырья: возможность проводить обезвоживание продукта до заданной конечной влажности, т.к. кипение и испарение влаги происходит по всему объему высушиваемого объекта. При сублимации (ВСС) этот же процесс повторить практически невозможно, т.к. объект заморожен, а сублимация льда происходит с его

поверхности и прервать этот процесс до полного его испарения – сублимации из средних слоев нельзя.

На рисунке 4 представлен характерный график изменения температур в процессе обезвоживания свежих плодов манго. На данном графике показана разница в продолжительности обезвоживания плодов манго при одинаковом тепло подводе, двумя разными способами вакуумной сушки, черными линиями показаны моменты остановки процесса обезвоживания до заданного значения конечного влагосодержания именно при обезвоживании способом НВС (25, 15 и 5%), чего нельзя сделать при способе ВСС.

В результате исследований составлены сравнительные таблицы содержания полезных веществ и витаминов в исследуемых продуктах, выявлены энергетические преимущества и положительное влияние на структуру продукта низкотемпературной вакуумной сушки. При проведении сравнения качественных показателей готовых пищевых продуктов после обезвоживания было выявлено, что два рассмотренных способа вакуумной сушки сопоставимы между собой и значительно эффективнее, чем конвективное обезвоживание. Поэтому мы решили сравнить новую технологию низкотемпературной вакуумной сушки (без замораживания сырья) сравнить с обычной конвективной сушкой

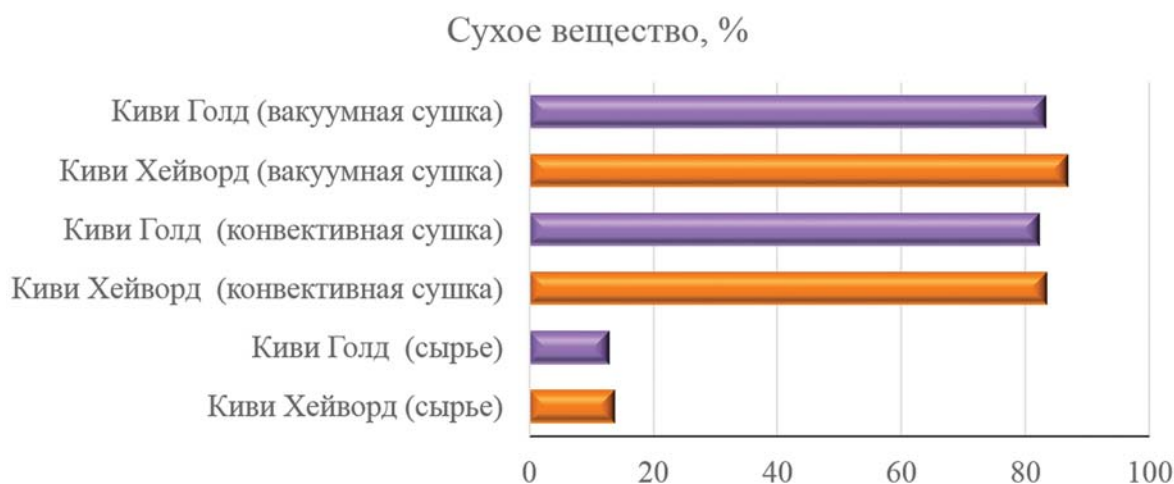


Рис. 5. Содержание сухого вещества в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 5. Content of dry substances in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying

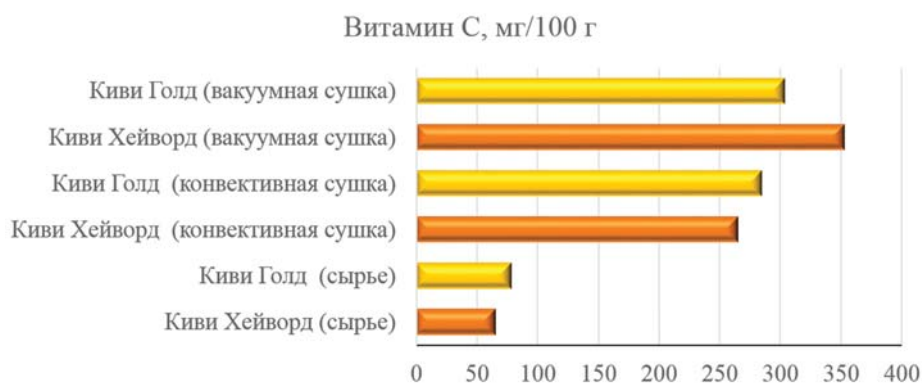


Рис. 6. Содержание витамина С в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 6. Content of vitamin C in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits, dried by different types of drying

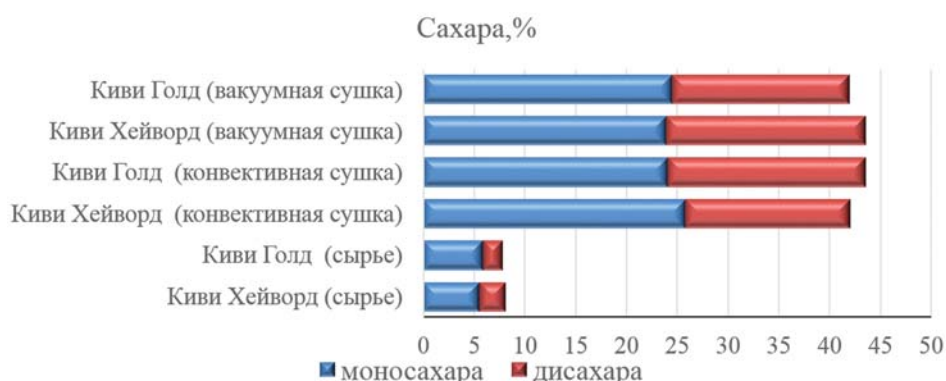


Рис. 7. Содержание сахаров в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 7. Sugar content in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying

(сушка горячим воздухом), так как именно при этих видах сушки возможно не доводить продукт до высокой степени обезвоживания.

В процессе сушки удаляется влага и продукт становится более концентрированным, поэтому содержание всех биохимических показателей качества увеличивается естественным образом. Так, в сырых плодах киви содержится 12,9-13,7% сухого вещества. Конвективную и вакуумную сушку без замораживания сырья доводили до содержания сухого вещества на уровне 82,3-86,8% (рис. 5).

При выборе объектов исследований в первую очередь учитывают содержание в исходном сырье витамина С и готовых фрипсах. Полученные экспериментальным путем показатели качества высушенных и свежих продуктов представлены на рисунке 6.

Сравнивая полученные данные, следует отметить, что новая технология сушки – низкотемпературная вакуумная сушка, лучше сохраняет витамин С. Так в

фрипсах из желтых плодов киви сорта Голд, высушенных вакуумной сушкой без замораживания сырья, содержание витамина С было выше на 18,6 мг/100 г, чем у фрипсов, высушенных конвективной сушкой. Также и у фрипсов из плодов зеленого киви сорта Хейворд при низкотемпературной вакуумной сушке витамина С было больше на 87,8 мг/100 г, чем при конвективной сушке.

Исходя из экспериментальных данных (рис. 7), установлено, что сахара хорошо сохраняются при обеих видах сушки. Новая технология сушки – низкотемпературная вакуумная сушка имеет тенденцию по лучшему сохранению сахаров в готовом продукте. Так, в фрипсах из желтых плодов киви сорта Голд, высушенных вакуумной сушкой без замораживания сырья, сумма сахаров была выше, чем у фрипсов, высушенных конвективной сушкой, на 1,6%. Также и у фрипсов из плодов зеленого киви сорта Хейворд при вакуумной сушке сумма сахаров была больше на 1,53%, чем при конвективной сушке.

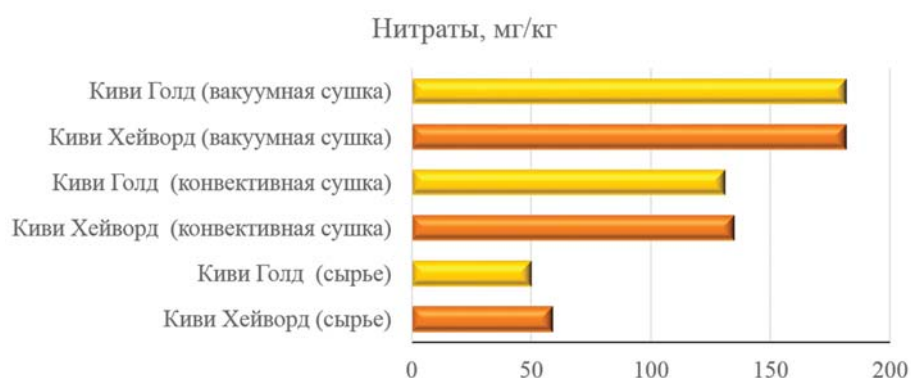


Рис. 8. Содержание сахаров в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 8. Sugar content in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying



Рис. 9. Внешний вид фрипсов плодов киви сорта Голд, полученных вакуумной сушкой (слева) и конвективной сушкой (справа)
Fig. 9. Appearance of frips of Gold variety kiwi fruits obtained by vacuum drying (left) and convective drying (right)

низкотемпературной вакуумной сушки перед конвективной, поэтому для получения фрипсов рекомендуется использовать именно низкотемпературную вакуумную сушку.

Закключение

На основании проведенных экспериментальных исследований и обработки полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. Обезвоживание способом НВС позволяет получать готовые изделия с заданным конечным влагосодержанием, причем изделие может быть из многокомпонентного сырья.

2. Продолжительность процесса обезвоживания способом НВС по сравнению со способом ВСС сокращается приблизительно на 10-20% в зависимости от продукта, при этом за счет отсутствия предварительного замораживания удельные энергетические затраты на сушку пищевого объекта предположительно могут быть снижены на 15-25%.

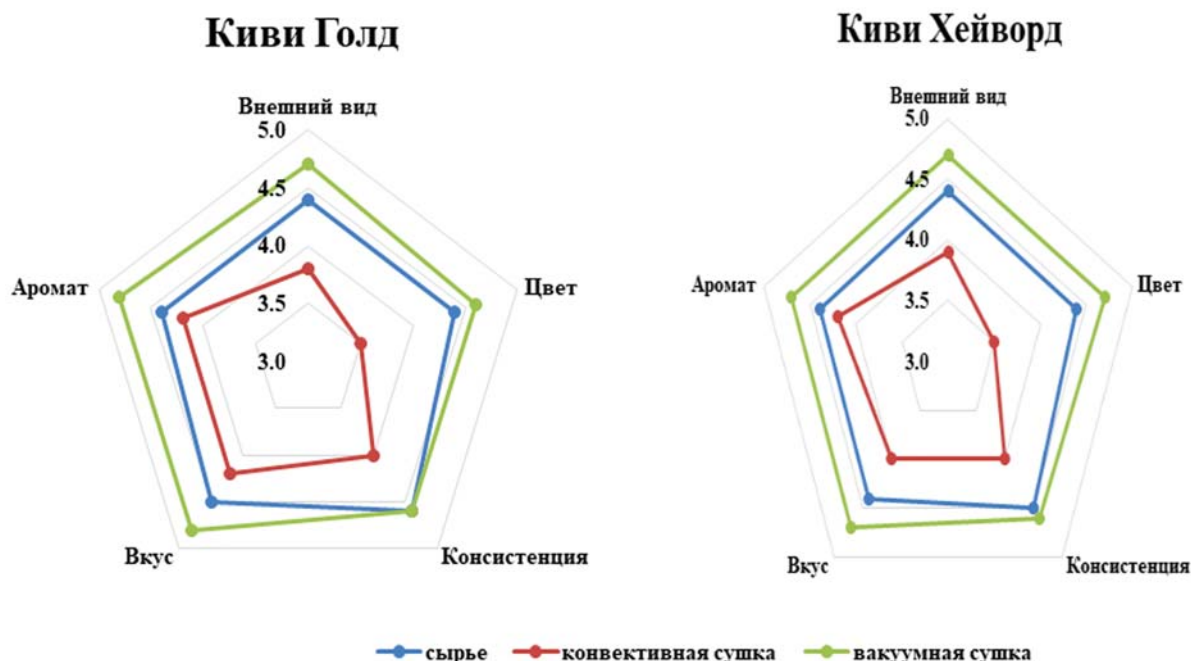


Рис. 10. Профилограмма результатов органолептической оценки плодов киви сорта Голд и Хейворд в качестве сырья и в качестве фрипсов, полученных разными видами сушки
Fig. 10. Profilogram of the results of organoleptic evaluation of kiwi fruits of the Gold and Hayward varieties as raw materials and as frips obtained by different types of drying

Исходя из того, что при сушке содержание сухого вещества в готовом продукте увеличилось в 6,3 раза, следует отметить, что содержание нитратов в полученных фрипсах было невысоким, что свидетельствует о том, что переработка растительного сырья, в том числе и тепловая обработка в виде сушки, уменьшают содержание нитратов (рис. 8). При этом вакуумная сушка меньше разрушала нитраты, как более щадящая.

Органолептическая оценка растительного сырья и фрипсов, полученных из плодов киви разными видами сушки, показала, что фрипсы, высушенные вакуумной сушкой без замораживания сырья, значительно превосходят фрипсы, высушенные конвективной сушкой по всем показателям (рис. 9-10).

Сравнивая органолептические и биохимические показатели качества, следует отметить преимущества

3. Показатели качества готового сухого продукта, высушенного представленными способами, сопоставимы, содержание витаминов и микроэлементов находится на почти одинаковом уровне, поэтому при выборе вида сушки можно рекомендовать способ НВС, как менее энергетически затратный.

4. По основным биохимическим показателям качества низкотемпературная вакуумная сушка превосходит конвективную при изготовлении фрипсов из растительного сырья.

5. Органолептическая оценка растительного сырья и фрипсов, полученных из плодов киви разными видами сушки, показала, что фрипсы, высушенных низкотемпературной вакуумной сушкой (без замораживания сырья), значительно превосходят фрипсы, высушенные конвективной сушкой по всем показателям.

• Литература

1. Vega-Gálvez A., Uribe E., Pastén A., Vega M., Poblete J., Bilbao-Sainz C., Chiou B. Low-temperature vacuum drying as novel process to improve papaya (*Vasconcellea pubescens*) nutritional-functional properties. *Future Foods*. June 2022;(5):100117. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100117>
2. Семенов Г.В. Особенности процесса сублимационной сушки в условиях промышленного производства. Материалы 3-й международной научно-практической конференции. «Современные энергосберегающие технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов), СЭТТ-2008», МГУПБ, 2008. Том 2. С. 122-123.
3. Roratto T.B., Monteiro R.L., Carciofi B.A.M., Laurindo J.B. An innovative hybrid-solar-vacuum dryer to produce high-quality dried fruits and vegetables. *LWT*. 2021;(140):110777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110777>
4. Аристов Н.И. Космическое питание. Технологии. История и современность. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS.
5. Либерова Е.А., Козлова Е.И. Особенности питания космонавтов. Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 5 т., Курск, 01 декабря 2021 года. Том 4. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 176-179. EDN MEKCUE.
6. Самигулла Т., Абжанова А.Х. Питание в космосе. Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика: материалы XLI Междуна. науч.-практ. конф. Алматы, Казахстан, 03–04 апреля 2017 года. Под редакцией Б.М. Ибраева. Том 3. Алматы, Казахстан: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2017. С. 497-502. EDN WTVBAE.
7. Добровольский В.Ф., Павлова Л.П., Лындина М.И. Разработка инновационных технологий пищевых продуктов для питания космонавтов. *Индустрия питания*. 2019;4(3):34-41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX.
8. Проблемы космического питания [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.cosmos-journal.ru/articles/225> (дата обращения: 5.02.2024).
9. Очень высокая кухня и никаких тюбиков: чем и как питаются современные космонавты [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://knife.media/space-menu/> (дата обращения: 5.02.2024).
10. Милеенкова Е.В., Насонова В.В., Бдоян В.А. Снеки - ретроспектива и современность. Все о myase. 2021;(1):6-10. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2021-1-6-10>. EDN UVFWXZ.
11. Царахов О.А., Бигулова А.А., Козырева А.Э. Обзор продуктов здорового питания и активного долголетия массового потребления. *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки*: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 20–26 декабря 2021 года. Владикавказ: Веста, 2021. С. 141-144. EDN LWNXMI.
12. Рахта А.А., Игнатчук А.В. Конкурентный анализ рынка овощных чипсов Республики Беларусь. *NovalInfo.Ru*. 2023;(140):34-37. EDN TWHIEI.
13. Кузнецова Н.Е., Медведев П.В. Исследование ассортимента продуктов функционального назначения в виде банановых чипсов, представленного на потребительском рынке маркетплейсов в Г. Москве. Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Оренбург, 21 июня 2022 года. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. С. 39-57. EDN VVJXHN.
14. Макушин А.Н., Волкова А.В. Выбор оптимального способа сушки при производстве овощных фрипов. Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли : Сборник научных трудов II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 30 сентября 2021 года. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 46-51. EDN WYXJYR.
15. Добровольский В.Ф. Использование современных технологий для разработки и обеспечения питанием космонавтов. *Индустрия питания*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ.
16. Крутий А.В., Зундуев Д.Б., Смертина Н.Д. Обеспечение качества и безопасности питания в жизнедеятельности космонавтов. Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах, Красноярск, 10–14 апреля 2023 года. Том 3. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2023. С. 37-39. EDN EOPGQM.

• References

1. Vega-Gálvez A., Uribe E., Pastén A., Vega M., Poblete J., Bilbao-Sainz C., Chiou B. Low-temperature vacuum drying as novel process to improve papaya (*Vasconcellea pubescens*) nutritional-functional properties. *Future Foods*. June 2022;(5):100117. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100117>
2. Semenov G.V. Features of the freeze drying process in industrial production conditions. Materials of the 3rd international scientific and practical conference. "Modern energy-saving technologies (drying and thermal-moisture processing of materials), SETT-2008", MGUPB, 2008. Volume 2. P. 122-123. (In Russ.)
3. Roratto T.B., Monteiro R.L., Carciofi B.A.M., Laurindo J.B. An innovative hybrid-solar-vacuum dryer to produce high-quality dried fruits and vegetables. *LWT*. 2021;(140):110777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110777>
4. Aristov N.I. Space food. technologies. History and present. *Actual problems of aviation and cosmonautics*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS. (In Russ.)
5. Liberova E.A., Kozlova E.I. Peculiarities of nutrition of astronauts. Innovative potential for the development of society: the view of young scientists: collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Scientific Conference of Advanced Developments: in 5 volumes, Kursk, December 01, 2021. Volume 4. Kursk: Southwestern State University, 2021. pp. 176-179. EDN MEKCUE. (In Russ.)
6. Samigulla T., Abzhanova A.Kh. Food in space. Innovative technologies in transport: education, science, practice: materials of the XLI International. scientific-practical conf. Almaty, Kazakhstan, April 03–04, 2017. Edited by B.M. Ibraeva. Volume 3. Almaty, Kazakhstan: Kazakh Academy of Transport and Communications named after. M. Tynyspayeva, 2017. P. 497-502. EDN WTVBAE. (In Russ.)
7. Dobrovolsky V. F., Pavlova L.P., Lyndina M.I. Development of innovative food technologies for nutrition of astronauts. *Food industry*. 2019;4(3):34-41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX. (In Russ.)
8. Problems of space nutrition [Electronic resource]/ Access mode: <https://www.cosmos-journal.ru/articles/225> (access date: 02/5/2024).
9. Very haute cuisine and no tubes: what and how modern cosmonauts eat [Electronic resource]/ Access mode: <https://knife.media/space-menu/> (access date: 02/5/2024).
10. Mileenkova E.V., Nasonova V.V., Bdoyan V.A. Snacks - the retrospective and the present. *Vsyo o myase*. 2021;(1):6-10. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2021-1-6-10>. EDN UVFWXZ. (In Russ.)
11. Tsarakhov O.A., Bigulova A.A., Kozyreva A.E. Overview of healthy food products and active longevity of mass consumption. *Young scientists in solving current problems of science: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference*, Vladikavkaz, December 20–26, 2021. Vladikavkaz: Vesta, 2021. pp. 141-144. EDN LWNXMI. (In Russ.)
12. Rakhta A.A., Ignatchuk A.V. Competitive analysis of the vegetable chips market in the Republic of Belarus. *NovalInfo.Ru*. 2023;(140):34-37. EDN TWHIEI. (In Russ.)
13. Kuznetsova N.E., Medvedev P.V. A study of the range of functional products in the form of banana chips, presented on the consumer market of marketplaces in Moscow. Current problems of applied biotechnology and engineering: Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, Orenburg, June 21, 2022. Orenburg: Orenburg State University, 2022. pp. 39-57. EDN VVJXHN. (In Russ.)
14. Makushin A.N., Volkova A.V. Choosing the optimal drying method for the production of vegetable frips. Current problems of food technology, tourism and trade: Collection of scientific papers of the II All-Russian (national) scientific and practical conference, Nalchik, September 30, 2021. Nalchik: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", 2021. P. 46-51. EDN WYXJYR. (In Russ.)
15. Dobrovolsky V. F. The use of modern technologies for the development and nutrition of astronauts. *Food industry*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ. (In Russ.)
16. Kruty A.V., Zunduev D.B., Smeritina N.D. Ensuring the quality and safety of nutrition in the astronauts life. Current problems of aviation and astronautics: collection of materials from the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to Cosmonautics Day. In 3 volumes, Krasnoyarsk, April 10–14, 2023. Volume 3. Krasnoyarsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev", 2023. P. 37-39. EDN EOPGQM. (In Russ.)

Об авторах:

Сергей Сергеевич Борзов – младший научный сотрудник лаборатории систем хладоснабжения и теплофизических измерений, <https://orcid.org/0000-0003-4431-1815>, SPIN-код: 9609-6436, автор для переписки, donsb@bk.ru
Николай Эрнестович Каухчешвили – кандидат технических наук, заведующий лабораторией замороженных и обезвоженных пищевых продуктов, <https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-код: 7195-0990
Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-код: 6301-7782

About the Authors:

Sergey S. Borzov – Junior Researcher, Laboratory of Refrigeration Systems and Thermophysical Measurements, <https://orcid.org/0000-0003-4431-1815>, SPIN-code: 9609-6436, Corresponding Author, donsb@bk.ru
Nikolay E. Kaikhcheshvili – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Frozen and Dehydrated Food Products, <https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-code: 7195-0990
Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-code: 6301-7782

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-51-57>
УДК: 635.1/.7-02:631.563.2

Е.В. Янченко^{1*}, М.И. Иванова¹,
Н.Э. Каухчешвили², А.А. Грызунов²,
С.В. Белова¹, А.В. Янченко¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

² Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12

*Автор для переписки: elena_0881@mail.ru

Вклад авторов: Янченко Е.В.: концептуализация, методология, проведение всех этапов исследования, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Иванова М.И.: руководство исследованием, концептуализация, методология, редактирование рукописи. Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А.: концептуализация, проведение сублимационной вакуумной сушки (СВС), верификация данных, редактирование рукописи, формальный анализ. Белова С.В.: проведение биохимических анализов, верификация данных. Янченко А.В.: выращивание сырья, редактирование рукописи, визуализация.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам II Конференции «Питание в Космосе: наука, инновации, перспективы», посвящённой 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина и 300-летию Российской академии наук.

Для цитирования: Янченко Е.В., Иванова М.И., Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А., Белова С.В., Янченко А.В. Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения. *Овощи России*. 2024;(2):51-57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-51-57>

Поступила в редакцию: 09.02.2024

Принята к печати: 29.02.2024

Опубликована: 25.03.2024

Elena V. Yanchenko^{1*}, Maria I. Ivanova¹,
Nikolay E. Kauhcheshvili², Alexey A. Gryzunov²,
Sofya V. Belova¹, Alexey V. Yanchenko¹

¹ All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration industry -Branch of "V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences 12 Kostyakova str., Moscow, 127422, Russia

*Correspondence: elena_0881@mail.ru

Authors' Contribution: Yanchenko E.V.: conceptualization, methodology, conducting all stages of research, data verification, manuscript creation and editing, formal analysis. Ivanova M.I.: research management, conceptualization, methodology, manuscript editing. Kauhcheshvili N.E., Gryzunov A.A.: conceptualization, freeze-drying, data verification, manuscript editing, formal analysis. Belova S.V.: conducting biochemical analyses, data verification. Yanchenko A.V.: cultivation of raw materials, manuscript editing, visualization.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the II Conference "Nutrition in Space: Science, Innovation, Prospects", dedicated to the 90th anniversary of Yu.A. Gagarin and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Yanchenko E.V., Ivanova M.I., Kauhcheshvili N.E., Gryzunov A.A., Belova S.V., Yanchenko A.V. Freeze drying as a way to preserve the quality of vegetables to create functional products. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):51-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-51-57>

Received: 09.02.2024

Accepted for publication: 29.02.2024

Published: 25.03.2024

Сублимационная сушка как способ сохранения качества овощей для создания продуктов функционального назначения

РЕЗЮМЕ

Актуальность. С целью расширения ассортимента продуктов питания для экипажей Международной космической станции (МКС) проведены исследования специфики разработки натуральных вкусовых овощных добавок в виде порошка для блюд сублимационной сушки. Цель – оценить новые гибриды брокколи в качестве сырья для производства натуральных вкусовых овощных добавок в виде порошка для блюд сублимационной сушки повышенной пищевой ценности и высокой степени готовности к употреблению, в том числе компонентов детского, диетического питания и питания космонавтов.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили 6 новых гибридов брокколи (2 гибрида отечественной и 4 – зарубежной селекции).

Результаты. У отечественных гибридов F₁ (Детский деликатес, Мачо) среднее содержание витамина С в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению было в 1,66 раза выше, чем у зарубежных гибридов. Наименее высокое содержание витамина С было отмечено у отечественного гибрида F₁ Детский деликатес 419,4 мг%. β-каротин лучше всего сохранялся в отечественных гибридах F₁ Детский деликатес (2,58 мг%), F₁ Мачо (2,56 мг%), а также зарубежном F₁ Батавия (2,52 мг%). Сумма сахаров в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка в среднем была выше у отечественных гибридов в 1,17 раз, чем у иностранных. При этом отдельные зарубежные гибриды показали высокий уровень накопления. Так наибольшее накопление суммы сахаров было у гибрида F₁ Лорд (12,85%). Высокий уровень содержания суммы сахаров был отмечен также у гибридов F₁ Мачо (12,84%) и F₁ Детский деликатес (11,63%). Меньше всех нитратов накапливал гибрид F₁ Фиеста (77,1 мг/кг). По органолептическим показателям выделен отечественный гибрид F₁ Детский деликатес. Высокие органолептические показатели также были отмечены у отечественного гибрида F₁ Мачо и зарубежного гибрида F₁ Батавия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

овощи, брокколи, технологии, сублимационная сушка, рационы питания космонавтов, качество, биохимический состав, безопасность

Freeze drying as a way to preserve the quality of vegetables to create functional products

ABSTRACT

Relevance. In order to expand the range of food products for the crews of the International Space Station (ISS), studies have been conducted on the specifics of developing natural flavoring vegetable additives in the form of powder for freeze-dried dishes.

The aim is to evaluate new broccoli hybrids as raw materials for the production of natural flavoring vegetable additives in the form of powder for freeze-dried dishes of increased nutritional value and high degree of readiness for consumption, including components of children's, dietary and cosmonaut nutrition.

Methods. The objects of the study were 6 new broccoli hybrids (2 hybrids of domestic and 4 of foreign breeding).

Results. In domestic hybrids F₁ (Detskiy delikates, Macho), the average vitamin C content in natural flavoring vegetable additives in the form of freeze-dried powder of a high degree of readiness for consumption was 1.66 times higher than in foreign hybrids. The highest vitamin C content was noted in the domestic hybrid children's delicacy 419.4 mg%. β-carotene was best preserved in the hybrids F₁ Detskiy delikates (2.58 mg%), F₁ Macho (2.56 mg%), as well as in the hybrid F₁ Batavia (2.52 mg%). The amount of sugars in natural flavoring vegetable additives in the form of freeze-dried powder was on average 1.17 times higher in domestic hybrids than in foreign ones. At the same time, some foreign hybrids showed a high level of accumulation. So the largest accumulation of the sum of sugars was in the F₁ Lord (12.85%). A high level of sugar content was also observed in F₁ Macho (12.84%) and F₁ Detskiy delikates (11.63%). The F₁ Fiesta accumulated the least nitrates (77.1 mg/kg). According to organoleptic indicators, the F₁ Detskiy delikates has been identified. High organoleptic indices were also noted in the F₁ Macho and the F₁ Batavia.

KEYWORDS:

vegetables, broccoli, technologies, freeze-drying, astronauts diets, quality, biochemical composition, safety



Введение

Разработка сбалансированного рациона питания для космонавтов была необходима при планировании первых космических полетов с участием человека. В полетах Ю.А. Гагарина на корабле «Восток-1» и Г.С. Титова на корабле «Восток-2» была получена информация о возможности приема пищи человеком в орбитальном полете. Космонавты не отмечали проблем с приемом испытывавших продуктов. Кроме того, не было обнаружено изменений к сенсорной чувствительности (вкусу) [1]. В рацион входили мясные блюда, сэндвичи, кондитерские изделия, хлеб и свежие фрукты, а также жидкие и пюреобразные продукты в алюминиевых тубах. Весь суточный рацион питания был разделен на четыре приема.

Тем не менее, стало очевидным, что используемая система имеет ряд недостатков. Наиболее заметными из них являются ограниченные сроки хранения на Земле (5–6 дней в охлажденном состоянии) и время транспортировки и полете без холодильника. Для долгих полетов требовалась совершенно другая диета.

В 1971 году было завершено исследование физиолого-гигиенического обоснования рациона питания, основанного на сублимированных продуктах, для космонавтов, выполняющих длительные полеты, продолжительностью более трех месяцев. Благодаря сублимации можно получить продукты с высокими органолептическими характеристиками: цвета, вкуса и запаха. Готовые продукты (супы, вторые блюда с гарниром и мясом, напитки, молоко), приготовленные методом сублимации, могут храниться долго (9–12 месяцев). После восстановления воды продукты готовы к употреблению непосредственно из упаковки. Это включало использование горячей и холодной воды, которые были восстановлены с помощью специальной установки, созданной из атмосферной влаги. До 90 суток такие рационы были успешно использованы в макете корабля «Салют». Исследования, направленные на изменение рационов питания в целях ускорения адаптации организма к условиям невесомости, были проведены с учетом результатов оценки физиолого-гигиенических рационов питания для экипажей Международной космической станции (МКС), обобщения опыта обеспечения питанием экипажей в предыдущих космических полетах, а также учета особенностей жизнедеятельности экипажей [1].

Продукты питания должны сохранять свою качественность при хранении в кабине корабля при температуре воздушной среды +20...+25°C, поскольку такая температура значительно ограничивает ассортимент. Для этих условий скоропортящиеся продукты и готовые блюда непригодны. Пища должна быть съедена непосредственно из упаковки, не подвергаясь дополнительной кулинарной обработке [2].

Продукты доставляют на борт корабля или станции в виде консервов (100 и 250 г) в алюминиевых банках, тубах и вакуумных пленочных пакетах. Последние составляют основную часть рациона. Тубы, или ошибочно называемые «тюбики», давно не используются из-за того, что они слишком большие и неудобны для хранения в контейнерах. Сейчас в них упаковывают только «русскую горчицу», мед, яблочно-клюквенную приправу и томатно-овощной соус [3].

Для продуктов питания космонавтов предъявляются следующие обязательные требования:

1. Длительный срок хранения, так как в космосе нет холодильников или морозильных камер, поэтому продукты питания не должны быть скоропортящимися.
2. Высокая энергетическая и питательная ценность продуктов. Космическая еда должна быть вкусной и полезной, обеспечивать достаточное количество энергии и питательных веществ для поддержания здоровья экипажа, но при этом экипаж не должен поправляться.
3. Минимальный вес и объем.
4. Устойчивость к механическим воздействиям и воздействию окружающей среды, так как в условиях космоса возможны перегрузки по давлению и часто экстремальные условия.
5. Разнообразие.
6. Вкус.

Таким образом, пища должна быть богата витаминами и микроэлементами, чтобы поддерживать физическую форму человека [4]. Еда, с другой стороны, должна быть вкусной, привычной и разнообразной, чтобы способствовать психическому здоровью, потому что человек не может получить позитивные эмоции, которые так необходимы, если он ест только здоровую и сбалансированную пищу. Это особенно верно в условиях ограниченного пространства в космическом полёте [5].

На Международной космической станции есть около 300 наименований продуктов питания для космонавтов. Космонавты питаются четыре раза в день: три основных приема пищи и один дополнительный после сложных экспериментов или тренировок. Рацион состоит из продуктов и напитков, которые специально упакованы, чтобы соответствовать требованиям космического питания. Врачи и биологи определяют, сколько макро- и микроэлементов, жиров, углеводов и белков должно быть в каждой порции. Кроме того, они проверяют товары на наличие пестицидов, солей тяжелых металлов и других вредных веществ. Космонавты оценивают продукты питания перед их включением в меню космического корабля.

Рацион экипажа состоит из множества сублимированной пищи. Это означает, что каши, супы, творог, гарниры, овощные и плодово-ягодные блюда готовят так же, как обычно, а затем охлаждают и замораживают. После замораживания блюда подогревают и сушат в вакууме в течение 18–32 ч. В процессе сублимации лед не превращается в воду, а сразу испаряется. Этот метод сохраняет 97 % жизненно важных питательных веществ; кроме того, он позволяет уменьшить массу готового блюда до 70% и продлить срок хранения до 10 лет. Экипажу просто нужно добавить воды, чтобы съесть эту пищу.

Чтобы избежать дефицита витаминов, микроэлементов и клетчатки в рационе космонавтов в условиях предполагаемого повышенного расхода витаминов из-за стресс-факторов полета, необходимо включать полезные овощи и плодово-ягодные продукты.

На основе научных достижений в области космического питания ученые разрабатывают специальные пищевые продукты для космонавтов [6–9]. Кроме того, разрабатываются и включаются в рационы питания космонавтов новые виды продуктов, в том числе профилактической радиопротекторной направленности [10]. Пищевые продукты, предназначенные для космонав-

тов, производят только с использованием отечественных инновационных технологий, разработанных специально для экипажей космических экспедиций. Их производят только из самого качественного натурального сырья, они не содержат искусственных загустителей, ароматизаторов, стабилизаторов, консервантов, красителей или ГМО. Продукты питания для космонавтов незаменимы для поддержания активной жизнедеятельности в нестандартных условиях и при повышенных нагрузках на организм человека в космосе, поскольку они имеют высокую питательную ценность.

Обеспечение экипажей пилотируемых космических аппаратов качественной, сбалансированной пищей для длительного хранения является одной из основных задач программы дальнейшего освоения космического пространства. Значительная часть рациона космонавтов состоит из овощей [11]. Как правило, рацион питания зависит от технических возможностей пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций. Это связано с тем, что космические аппараты имеют ограниченный объем и потребление энергии, что затрудняет создание оптимальных условий для хранения и приготовления пищи. Этим объясняются ограничения на использование различных продуктов и довольно жесткие требования к продуктам, предназначенным для питания космонавтов.

Исследование специфики производства натуральных вкусовых овощных добавок в виде порошка для блюд сублимационной сушки было проведено для расширения ассортимента продуктов питания, доступных экипажам МКС.

Цель исследования состояла в том, чтобы оценить новые гибриды брокколи в качестве сырья для производства натуральных вкусовых овощных добавок в виде порошка сублимационной сушки с повышенной пищевой ценностью и высокой готовностью к употреблению. Это включает в себя компоненты питания для космонавтов.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2022-2023 годах. Сублимационную сушку проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Выращивание сырья и проведение всех видов анализов – во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства». Объектом исследования были 6 новых F₁ гибридов брокколи (2 отечественной и 4 зарубежной селекции).

Брокколи – однолетнее овощное растение, очень полезное, так как имеет высокое содержание белка, витаминов и микронутриентов. В большинстве развитых стран выращивается в значительных объемах. В России пока занимает небольшие площади. В Госреестре селекционных достижений на 2023 год брокколи представлена 11 сортами и 48 гибридами F₁, преимущественно зарубежной селекции. Для наших исследований мы отобрали 2 гибрида F₁ отечественной и 4 – зарубежной селекции, самые распространенные в нашей зоне, имеющиеся в свободной продаже.

F₁ Детский деликатес – раннеспелый гибрид брокколи селекции «ООО Агрофирма Поиск». Головка среднего размера, эллиптическая, серо-зеленая, средней плотности, с кроющими листьями, мелкобугристая. Вторичные головки отсутствуют. Масса головки – до 0,8 кг. Вкус хороший.

F₁ Мачо – среднеранний гибрид брокколи селекции ООО «Селекционная фирма Гавриш». Головка среднего размера, округло-плоская, зеленая, плотная, с кроющими листьями. Масса головки 0,3 кг. Вкус отличный.

F₁ Агасси – позднеспелый гибрид селекции RIJK ZWAAN ZAADTEELT EN ZAADHANDEL B.V. Головка среднего размера, округло-плоская, серо-зеленая, среднебугристая, плотная, вторичные головки имеются. Масса головки до 0,7 кг.

F₁ Батавия – среднеспелый гибрид селекции BEJO ZADEN B.V. Головка округлая, серо-зеленая, мелкобугристая, плотная, вторичные головки имеются. Масса головки 0,7 кг. Вкус отличный.

F₁ Лорд – позднеспелый гибрид селекции MONSANTO HOLLAND B. V. Головка большая, округло-плоская, светло-зеленая, плотная, без кроющих листьев, массой 0,8-1,2 кг. Вкус отличный. Урожайность 2,7 кг/м².

F₁ Фиеста – среднеранний гибрид BEJO ZADEN B.V. Головка среднего размера, округло-плоская до округлой, частично покрытая, темно-зеленая, плотная, среднебугристая. Ценность гибрида: высокая плотность головки, отличный вкусовые качества, устойчивость к фузариозному увяданию.

Все гибриды брокколи были выращены на опытном участке ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО, расположенном в центральной части Москворецкой поймы. Почва опытного участка относится к типу аллювиальных луговых насыщенных почв, среднесуглинистая, окультуренная, влагоемкая, имеет высокий уровень естественного плодородия. Схема посадки рассады капусты брокколи: 70×40 см. Отбор стандартной продукции для проведения опытов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 33854-2016 «Капуста брокколи свежая. Технические условия».

Сухое вещество определяли по ГОСТ 28561-90 путем высушивания навески при температуре 105°C до появления постоянной массы; витамин С – по ГОСТ 24556-89 путем его экстрагирования раствором соляной кислоты с последующим визуальным титрованием; сахара – по ГОСТ 8756.13-87, основанном на способности карбонильных групп сахаров восстанавливать в щелочной среде оксид меди (I) до оксида меди (II); нитраты – по ГОСТ 29270-95 ионометрическим методом. Органолептические свойства – по ГОСТ 8756.1-2017 «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема».

Технологическая схема производства натуральных вкусовых овощных добавок в виде сублимированного порошка из брокколи состояла из следующих этапов: мойка, инспекция, бланширование, гомогенизация, замораживание, сушка, фасовка в стеклянные банки вместимостью 250 см³, укупорка.

Мойку брокколи проводили вручную под проточной водой и разделяли на соцветия. В процессе инспекции

удаляли соцветия с признаками поражения насекомыми или болезнями. После этого кондиционные соцветия опускали в кипящую воду и бланшировали 5 минут. Обдавали холодной водой (температура 0°C) и давали стечь. Для достижения полной гомогенизации продукта использовали ручной блендер. После чего приступали непосредственно к сушке (замораживание, первичная сушка, вторичная сушка). СВС (сублимационная вакуумная сушка) проводили на лабораторной установке фирмы Hetosicc (Дания). Высушенный продукт фасовали в стеклянные банки вместимостью 250 см³ и плотно закрывали.

Результаты исследования и их обсуждение

Для технологической оценки новых гибридов брокколи на пригодность в качестве сырья для производства натуральных вкусовых овощных добавок в виде порошка для блюд с повышенной пищевой ценностью и высокой готовностью к употреблению, в том числе для питания космонавтов была выбрана технология сублимационной вакуумной сушки.

В результате удаления влаги в процессе сушки продукт становится более концентрированным, что естественным образом приводит к увеличению содержания всех биохимических показателей качества. Натуральные вкусовые овощные добавки в виде сублимированного порошка высокой готовности к употреблению, полученные из новых гибридов брокколи, имели содержание сухих веществ в диапазоне от 91 до 93 %. Эти уровни были достигнуты благодаря идентичному способу приготовления и условиям приготовления.

Брокколи – полезный овощ, богатый витаминами, клетчаткой, макро- и микроэлементами, обладает противораковыми свойствами, повышает иммунитет, препятствует накоплению холестерина и выводит тяжелые металлы из организма. Многие авторы отмечают высокую концентрацию витамина С в головках брокколи, которая составляет 82–140 мг/100 г [12]. В наших исследованиях при выращивании головок брокколи на аллювиальных луговых почвах Замоскворецкой поймы содержание витамина С в соцветиях брокколи в среднем составляло 87,8 мг%. В процессе сушки за счёт удаления влаги

продукт становится более концентрированным, поэтому содержание всех биохимических показателей качества увеличивается естественным образом.

У отечественных гибридов (F₁ Детский деликатес, F₁ Мачо) среднее содержание витамина С в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению было в 1,66 раза выше, чем у зарубежных гибридов (рис. 1).

Наиболее высокое содержание витамина С отмечено у отечественного гибрида F₁ Детский деликатес – 419,4 мг%. И.Э. Старостенко и Е.С. Белокурова (2015) отмечают, что аскорбиновой кислоты и β-каротина больше в пюре из брокколи [13]. В этих же образцах отмечено высокое содержание минеральных веществ: калия и железа. По количественному содержанию различных функциональных ингредиентов пюре из брокколи отечественного производства не уступали импортным образцам, а иногда и превосходили их. Эти же закономерности отмечены и на других овощных культурах. Так, А.С. Куприй с соисполнителями научно доказали и экспериментально подтвердили целесообразность использования корнеплодов моркови отечественных сортов и гибридов в качестве функционального ингредиента в составе обогащенных продуктов питания [14], а А.А. Одинцовой с соисполнителями в 2023 году установлена необходимость обогащения отечественными сортами картофеля, тыквы, капусты брокколи и цветной функциональных мясных продуктов для детского питания [15]. Также В.А. Борисовым и другими (2019) установлено значительное превосходство отечественных сортов свёклы столовой над зарубежными гибридами по содержанию сухих веществ, сахаров [16]. Всё это свидетельствует о необходимости строгого отбора качественного сырья для переработки и некоторых преимуществах отечественных сортов и гибридов овощных культур по накоплению полезных веществ.

В наших исследованиях β-каротин лучше всего сохранялся в отечественных гибридах F₁ Детский деликатес (2,58 мг%), F₁ Мачо (2,56 мг%), а также в зарубежном гибриде F₁ Батавия (2,52 мг%) (рис. 2).

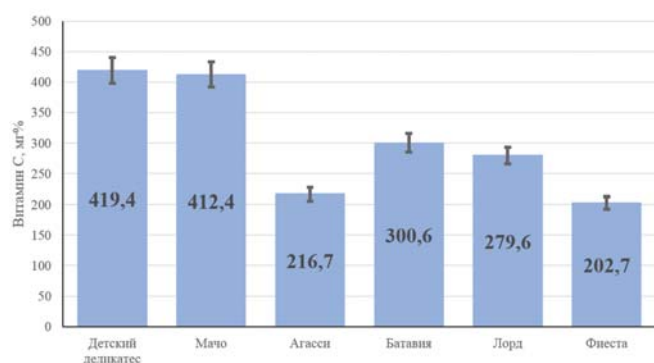


Рис. 1. Содержание витамина С в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению, приготовленных из новых гибридов брокколи
Fig. 1. Vitamin C content in natural flavoring vegetable additives in the form of freeze-dried powder of a high degree of readiness for use, prepared from new broccoli hybrids

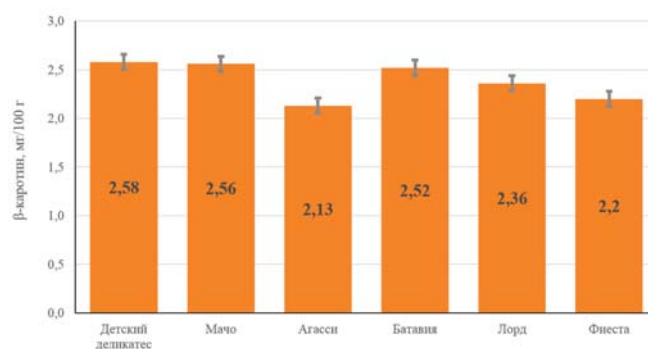


Рис. 2. Содержание β-каротина в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению, приготовленных из новых гибридов брокколи
Fig. 2. β-Carotene content of natural flavoring vegetable additives in the form of freeze-dried powder of a high degree of readiness for consumption, prepared from new broccoli hybrids

Сумма сахаров в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка у отечественных гибридов в среднем была выше в 1,17 раз, чем у иностранных. При этом отдельные зарубежные гибриды показали высокий уровень накопления. Так, наибольшее накопление суммы сахаров было у зарубежного гибрида F₁ Лорд (12,85%), а также у отечественных гибридов F₁ Мачо (12,84%) и F₁ Детский деликатес (11,63%) (рис. 3).

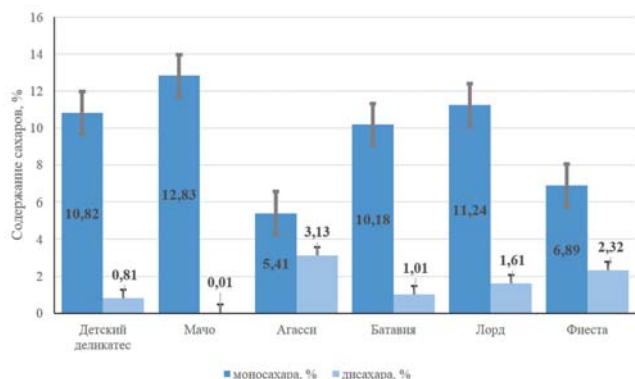


Рис. 3. Содержание сахаров в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению, приготовленных из новых гибридов брокколи
Fig. 3. The sugar content of natural flavoring vegetable additives in the form of freeze-dried powder of a high degree of readiness for consumption, prepared from new broccoli hybrids

Нитраты хорошо растворяются в воде, причем с повышением температуры растворимость их возрастает, поэтому приемы, в основе которых лежит обработка продукта водой – вымачивание, бланширование, вываривание и т.д. оказывают содействие снижению содержания нитратов в продукте [17]. В нашем опыте гибриды брокколи перед сублимированной сушкой подвергались бланшированию согласно технологической схеме производства. Учитывая значительное повышение сухих веществ в готовом продукте, следует отметить, что содержание нитратов в полученных натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению было невысоким, что согласуется с тем, что бланширование брокколи и тепловая обработка разрушают нитраты (рис. 4). В среднем содержа-

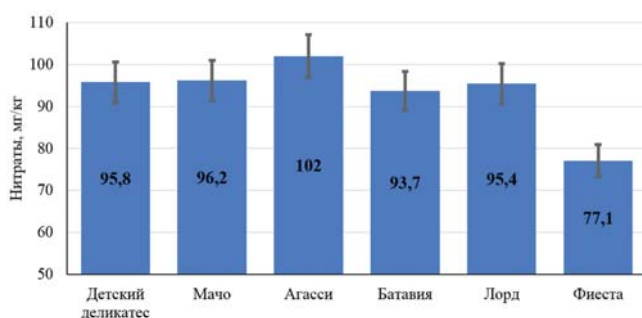


Рис. 4. Содержание нитратов в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сухого порошка высокой степени готовности к употреблению, приготовленных из новых гибридов брокколи
Fig. 4. Nitrate content in natural flavoring vegetable additives in the form of dry powder of a high degree of readiness for consumption, prepared from new broccoli hybrids

ние нитратов составило 93,4 мг/кг. Меньше всех нитратов накапливал зарубежный гибрид F₁ Фиеста (77,1 мг/кг).

Конечная влажность, контакт с кислородом, температура определяют, как сублимированные продукты растительного происхождения сохраняют свой вкус, запах, цвет и консистенцию в процессе хранения. Окислительные превращения и ферментативные процессы являются причинами неизбежного ухудшения качества, но у сублимированных продуктов это достаточно длительный процесс [18-20]. Наши образцы при хранении в герметично закрытых стеклянных банках в течение 3-х месяцев отлично сохранили свои физические и органолептические качества и были пригодны для употребления в пищу.

Органолептическая оценка внешнего вида, цвета, консистенции (текстуры), вкуса и аромата были получены суммарно от группы дегустаторов с использованием 5-балльной шкалы (рис. 5). Органолептическая оценка натуральных вкусовых овощных добавок в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению из различных гибридов брокколи показала, что отечественные гибриды превосходят зарубежные по органолептическим показателям.

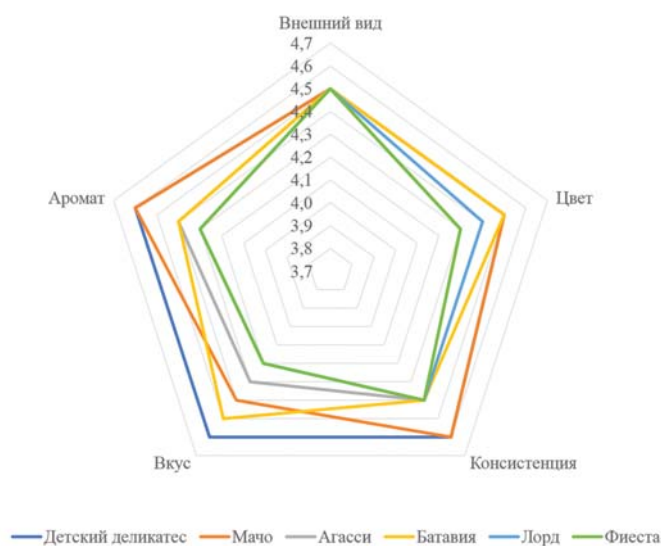


Рис. 4. Содержание нитратов в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сухого порошка высокой степени готовности к употреблению, приготовленных из новых гибридов брокколи
Fig. 4. Nitrate content in natural flavoring vegetable additives in the form of dry powder of a high degree of readiness for consumption, prepared from new broccoli hybrids

Порошки из отечественных гибридов брокколи обладали лучшей консистенцией и превосходили зарубежные образцы по вкусовым и ароматическим показателям, немного уступая им по внешнему виду. По органолептическим показателям выделен отечественный гибрид Детский деликатес. Высокие органолептические показатели также были отмечены у отечественного гибрида Мачо и зарубежного гибрида Батавия.

Отечественные гибриды капусты брокколи F₁ Детский деликатес и F₁ Мачо значительно превосходили зарубежные по содержанию сахаров и накоплению витамина С, меньше накапливали нитратов. Это, видимо, связано с тем, что российская селекция традиционно направлена на питательную ценность и вкусовые качества.

Выводы

1. Содержание витамина С в натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению у отечественных гибридов (F₁ Детский деликатес, F₁ Мачо) было в 1,66 раза выше, чем у зарубежных гибридов. Отечественный гибрид F₁ Детский деликатес имел наибольшее содержание витамина С – 419,4 мг%.

2. β-каротин лучше всего сохранялся в отечественных гибридах F₁ Детский деликатес (2,58 мг%), F₁ Мачо (2,56 Мг%), а также в зарубежном гибриде F₁ Батавия (2,52 мг%).

3. Отечественные гибриды имели в среднем в 1,17 раза больше сахара в натуральных вкусовых

овощных добавках в виде сублимированного порошка, чем иностранные гибриды.

4. Содержание нитратов в полученных натуральных вкусовых овощных добавках в виде сублимированного порошка высокой степени готовности к употреблению было невысоким. Меньше всех нитратов накапливал зарубежный гибрид F₁ Фиеста (77,1 мг/кг).

5. По органолептическим показателям выделены отечественные гибриды F₁ Детский деликатес, F₁ Мачо и зарубежный гибрид F₁ Батавия.

6. Для производства продуктов питания космонавтов отечественные гибриды брокколи F₁ Детский деликатес и F₁ Мачо могут быть рекомендованы для сублимационной вакуумной сушки. Данные продукты обладают высокими органолептическими характеристиками и содержат наибольшее количество витамина С и сахаров. Эти гибриды хорошо подходят для выращивания на предприятиях, которые занимаются заготовкой продуктов для консервирования и переработки. Они также могут быть использованы для увеличения ассортимента продуктов питания, доступных для экипажей МКС.

Литература

1. Самигулла Т., Абжанова А.Х. Питание в космосе. Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика: материалы XLI Междун. науч.-практ. конф. Алматы, Казахстан, 03–04 апреля 2017 года. Под редакцией Б.М. Ибраева. Том 3. Алматы, Казахстан: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2017. С. 497-502. EDN WTVBAE.
2. Добровольский В.Ф., Павлова Л.П., Лындина М.И. Разработка инновационных технологий пищевых продуктов для питания космонавтов. *Индустрия питания*. 2019;4(3):34-41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX.
3. Добровольский В.Ф. Использование современных технологий для разработки и обеспечения питанием космонавтов. *Индустрия питания*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ.
4. Решетникова П.А., Бычков А.Л. Разработка технологии производства продукта, содержащего стабилизированный витамин Д. Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов. В 9-ти частях, Новосибирск, 30 ноября – 04 2020 года / Под редакцией А.В. Гадюкиной. Том Часть 7. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020. С. 691-692. EDN CNVPPJ.
5. Агуреев А.Н., Белаковский М.С. Вопросы питания в межпланетных космических полетах. *Воздушно-космическая сфера*. 2021;1(106):44-57. <https://doi.org/10.30981/2587-7992-2020-106-1-44-57>. EDN WFTKEQ.
6. Позняковский В.М. Питание космонавтов, спецконтингента войск Российской армии, других групп населения в экстремальных условиях. Через тернии к звездам: освоение космоса: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти лётчика-космонавта А.А. Леонова, Кемерово, 11–13 апреля 2022 года. Кемерово: КемГМУ, 2022. С. 15-24. EDN DHPUNZ.
7. Добровольский В.Ф., Лындина М.И., Шаклеина А.Ю. Применение новых инновационных продуктов в рационах питания космонавтов. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 2021;(15):64-71. EDN BAYYMU.
8. Крутий А.В., Зундуев Д.Б., Смертина Н.Д. Обеспечение качества и безопасности питания в жизнедеятельности космонавтов. Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах, Красноярск, 10–14 апреля 2023 года. Том 3. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2023. С. 37-39. EDN EOPGQM.
9. Оловенцова А.А., Чумаченко Е.В. Научные основы питания космонавтов. XXIV Вишняковские чтения "Вузовская наука: условия эффективности социально-экономического и культурного развития региона": Материалы международной научной конференции, Бокситогорск, 16 апреля 2021 года. Отв. редактор Е.Г. Седлецкая. Санкт-Петербург - Бокситогорск: Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2021. С. 235-240. EDN AFUAGB.
10. Добровольский В.Ф., Лындина М.И., Шаклеина А.Ю. Существующее питание космонавтов с включением в него продуктов профилактической направленности, в том числе, с радиопротекторными свойствами. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 2020;(14):105-113. EDN WFTYXV.
11. Добровольский В.Ф., Гурова Л.А., Колесникова В.Б., Павлова Л.П. НИИ пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии – космосу. *Пищевая промышленность*. 2013;(1):48-50. EDN PMFWSH.
12. Sermenli T., Mavi K., Yilmaz S. Determinatio of transplanting date of broccoli under Antakya conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 2011;21(4):638-641.
13. Старостенко И.Э., Белокурова Е.С. Продукты переработки плодов и овощей - источники функциональных ингредиентов в детском питании. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2015;3(33):24-27. EDN UYVKXV.
14. Куприй А.С., Масловский С.А., Харитонов П.С., Янченко Е.В., Бебрис А.Р. Научное обоснование возможности использования столовой моркови как источника функциональных пищевых ингредиентов для производства рыбного паштета. *Пищевая промышленность*. 2023;(8):27-30. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.8.8.005>. EDN BCYCEZ.
15. Одинцова А.А., Дунченко Н.И., Янченко Е.В. Научное обоснование выбора растительных ингредиентов при производстве функциональных мясных продуктов для детского питания. *Пищевая промышленность*. 2023;(7):71-74. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.7.7.014>. EDN DBHICL.
16. Борисов В.А., Янченко Е.В., Фильрозе Н.А., Соловьева Е.А.2, Гаспарян Ш.В., Масловский С.А., Новикова А.В., Замятина М.Е., Карпова Н.А., Китова А.Э., Дергачева К.А. Технологическая оценка сортов и гибридов свеклы столовой как сырья для производства пюре-полуфабриката. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2019;(149):116-127. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-149-021>. EDN EFDEZY.
17. Еще раз о нитратах [Электронный ресурс] /Режим доступа: <https://68.rospotrebnadzor.ru/content/545/21665/> (дата обращения: 20.02.2024).
18. Бойцова Ю.С., Аленин И.П., Патанина К.В. Рынок сублимированной продукции. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2020;12-1(70):98-102. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2020-11025>. EDN NONXLR.

19. Васюкова А.Т., Мазуркевич Е.М., Эдварс Р.А., Васюков М.В., Талби М. Показатели качества экстрактов и сублиматов в виде порошков, полученных при безотходной технологии переработки овощей и фруктов. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2023;11(4):44-54. <https://doi.org/10.14529/food230405>. EDN IYUXAH.
20. Темирова И.Ж., Оспанкулова Г.Х. Исследование влияния сублимационной сушки на органолептические показатели и содержание витамина С в ягодах малины. *Вестник Алматинского технологического университета*. 2023;(3):57-62. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-3-57-62>. EDN DTJRUB.

• References

1. Samigulla T., Abzhanova A.H. Nutrition in space / Innovative technologies in transport: education, science, practice: materials of the XLI International Scientific and Practical Conference. Almaty, Kazakhstan, 03-04 April 2017 / Edited by B.M. Ibrayev. Volume 3. – Almaty, Kazakhstan: M. Tynyspaev Kazakh Academy of Transport and Communications, 2017. – pp. 497-502. – EDN WTVBAE. (In Russ.)
2. Dobrovolsky V.F., Pavlova L.P., Lyndina M.I. Cosmonaut diet composition adjusting according to the comments and suggestions of the crews with the new products development and introduction. *Food industry*. 2019;4(3):34-41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX. (In Russ.)
3. Dobrovolsky V.F. The use of modern technologies for the development and nutrition of astronauts. *Food industry*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ. (In Russ.)
4. Reshetnikova P.A., Bychkov A.L. Development of technology for the production of a product containing stabilized vitamin D. Science. Technologies. Innovations: A collection of scientific papers. In 9 parts, Novosibirsk, November 30–04 2020. Edited by A.V. Gadyukina. Volume Part 7. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2020. pp. 691-692. EDN CNVPPJ. (In Russ.)
5. Agureev A.N., Belakovskiy M.S. Nutrition issues in interplanetary space flights. *Aerospace sphere journal*. 2021;1(106):44-57. <https://doi.org/10.30981/2587-7992-2020-106-1-44-57>. EDN WFTKEQ. (In Russ.)
6. Poznyakovskiy V. M. Nutrition of cosmonauts, special troops of the Russian Army, and other population groups in extreme conditions. Through thorns to the stars: space exploration: a collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of cosmonaut A.A. Leonov, Kemerovo, April 11-13, 2022. Kemerovo: KemSMU, 2022. pp. 15-24. EDN DHPUHZ. (In Russ.)
7. Dobrovolsky V.F., Lyndina M.I., Shakleina A.Yu. Application of new innovative products in the diet of astronauts. *Innovative technologies for the production and storage of material assets for government needs*. 2021;(15):64-71. EDN BAYYMU. (In Russ.)
8. Krutiy A.V., Zunduev D. B., Smertina N. D. Ensuring the quality and safety of nutrition in the life of astronauts. Actual problems of aviation and cosmonautics: a collection of materials of the IX International Scientific and practical Conference dedicated to the Day of Cosmonautics. In 3 volumes, Krasnoyarsk, April 10-14, 2023. Volume 3. Krasnoyarsk: Federal State Budgetary

- Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev", 2023. pp. 37-39. EDN EOPGQM. (In Russ.)
9. Oloventsova A.A., Chumachenko E.V. Scientific bases of cosmonauts' nutrition. XXIV Vishnyakov readings "University science: conditions for the effectiveness of socio-economic and cultural development of the region": Materials of the international scientific conference, Boksitogorsk, April 16, 2021. Editor-in-chief E.G. Sedletskaya. St. Petersburg - Boksitogorsk: A.S. Pushkin Leningrad State University, 2021. pp. 235-240. EDN AFUAGB. (In Russ.)
10. Dobrovolsky V.F., Lyndina M.I., Shakleina A.Yu. The existing nutrition of astronauts with the inclusion of preventive products, including those with radioprotective properties. *Innovative technologies for the production and storage of material assets for government needs*. 2020;(14):105-113. EDN WFTYXV. (In Russ.)
11. Dobrovolsky V.F., Gurova L.A., Kolesnikova V.B., Pavlova L.P. Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology – to space. *Food industry*. 2013;(1):48-50. EDN PMFWSH. (In Russ.)
12. Sermentli T., Mavi K., Yilmaz S. Determination of transplanting date of broccoli under Antakya conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 2011;21(4):638-641.
13. Starostenko I.E., Belokurova E.S. Products of fruits and vegetables - sources of functional ingredients in baby food. *Technical and technological problems of the service*. 2015;3(33):24-27. EDN UYVKXV. (In Russ.)
14. Kupriy A.S., Maslovskiy S.A., Kharitonova P.S., Yanchenko E.V., Bebris A.R. Scientific rationale of the possibility of using carrots as a source of functional food ingredients for the production of fish pate. *Food industry*. 2023;(8):27-30. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.8.8.005>. EDN BCYZEZ. (In Russ.)
15. Odintsova A.A., Dunchenko N.I., Yanchenko E.V. Scientific substantiation of the choice of herbal ingredients in the production of functional meat products for child nutrition. *Food industry*. 2023;(7):71-74. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.7.7.014>. EDN DBHICL. (In Russ.)
16. Borisov V.A., Yanchenko E.V., Filroze N.A., Soloveva E.A., Gasparyan Sh.V., Maslovskiy S.A., Novikova A.V., Zamyatina M.E., Karpova N.A., Kitova A.E., Dergacheva K.A. Technological assessment of varieties and hybrids of beet-root as raw materials for manufacturing mashed semi-finished products. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2019;(149):116-127. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-149-021>. EDN EFDEZY. (In Russ.)
17. Once again about nitrates [Electronic resource] / Access mode: <https://68.rospotrebnadzor.ru/content/545/21665> / (date of access: 02/20/2024). (In Russ.)
18. Boytsova Y.S., Alenin I.P., Patanina K.V. Frozen products market. *Economy and business: theory and practice*. 2020;12-1(70):98-102. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2020-11025>. EDN NONXLR. (In Russ.)
19. Vasyukova A.T., Mazurkevich E.M., Edwards R.A., Vasyukov M.V., Talbi M. Quality indicators of extracts and sublimates in the form of powders obtained with waste-free technology for processing vegetables and fruits. *Bulletin of the South Ural State University. Series: food and biotechnology*. 2023;11(4):44-54. <https://doi.org/10.14529/food230405>. EDN IYUXAH. (In Russ.)
20. Temirova I.Zh., Ospankulova G.Kh. Determination of organoleptic indicators and vitamin c content in frozen raspberry. *The journal of Almaty technological university*. 2023;(3):57-62. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-3-57-62>. EDN DTJRUB. (In Russ.)

Об авторах:

Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-код: 6301-7782, автор для переписки, elena_0881@mail.ru
Мария Ивановна Иванова – доктор с.-х. наук, проф. РАН, гл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-код: 1961-9188
Николай Эрнестович Каухчешвили – кандидат технических наук, заведующий лабораторией замороженных и обезвоженных пищевых продуктов, <https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-код: 7195-0990
Алексей Алексеевич Грызунов – научный сотрудник лаборатории замороженных и обезвоженных пищевых продуктов, <https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-код: 2783-5980
Софья Викторовна Белова – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-9338-8419>, SPIN-код: 4808-9461
Алексей Владимирович Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией физиологических основ семеноведения, <https://orcid.org/0000-0002-1031-9459>, SPIN-код: 2128-9539

About the Authors:

Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-code: 6301-7782, Corresponding Author, elena_0881@mail.ru
Maria I. Ivanova – Dr. Sci. (Agriculture), Prof., Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-code: 1961-9188
Nikolay E. Kaucheshvili – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Frozen and Dehydrated Food Products, <https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-code: 7195-0990
Alexey A. Gryzunov – Researcher at the Laboratory of Frozen and Dehydrated Foods, <https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-code: 2783-5980
Sofya V. Belova – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9338-8419>, SPIN-code: 4808-9461
Alexey V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of the Laboratory of Physiological Foundations of Seed Science, <https://orcid.org/0000-0002-1031-9459>, SPIN-code: 2128-9539

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-58-64>
УДК: 635.64:631.547.66:581.19

Anna V. Molchanova*,
Irina Yu. Kondratyeva

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

Correspondence: vovka_ks@rambler.ru

Authors' Contribution: Irina Yu. Kondratyeva – conceived the experiment, Anna V. Molchanova and Irina Yu. Kondratyeva performed the research, did the data management and analyzed the data. Irina Yu. Kondratyeva provided breeding material for the study and consulting assistance. Anna V. Molchanova and Irina Yu. Kondratyeva wrote the paper. All authors reviewed and approved this submission.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

For citation: Molchanova A.V., Kondratyeva I.Yu. The biochemical characteristics of pink tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.): mature and after storage. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):58-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-58-64>

Received: 24.11.2023

Accepted for publication: 16.01.2024

Published: 25.03.2024

А.В. Молчанова*,
И.Ю. Кондратьева

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

Вклад авторов: И.Ю. Кондратьева предоставила селекционный материал для исследования. А.В. Молчанова и И.Ю. Кондратьева провели исследование, получили и проанализировали полученные результаты. А.В. Молчанова и И.Ю. Кондратьева написали статью. Авторы рассмотрели и одобрили это заключение. Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Molchanova A.V., Kondratyeva I.Yu. The biochemical characteristics of pink tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.): mature and after storage. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):58-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-58-64>

Поступила в редакцию: 24.11.2023

Принята к печати: 16.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

The biochemical characteristics of pink tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.): mature and after storage

Check for updates



ABSTRACT

Relevance. Tomato pink-fruit cultivars and hybrids are of interest for fresh consumption. The biochemical parameters are influenced by the varietal factor and by the growing conditions. It is known that mature tomatoes record low storability. The softening of the fruit is caused by ethylene produced in the ripening fruit. Then pectinase enzymes are synthesized in the fruit tissues, under the action of which the cell walls of the fruit soften. Breeders are creating tomato cultivars whose fruits could be stored for a long time without losing their tasty.

The aim of the investigation was to study the biochemical parameters of pink-colored tomato fruits under different ripening conditions.

Materials and methods. The plants were grown on the experimental fields of the Laboratory for Breeding and Seed Production of Solanaceae crops. In the Analytical Department, the biochemical composition of pink tomato fruits was studied during harvesting from the field and after laying for storage in the milky ripeness phase according to the following indicators: dry matter, ascorbic acid, total content of water-soluble antioxidants, titratable acidity, monosaccharides, polyphenols and carotenoids.

Results. The breeding accession F₄ (Lotos x Z6) showed maximum dry matter and monosaccharide content both after storage and in mature fruits. The same sample as F₅ (Lotos x Z6) showed the highest ascorbic acid content after storage. Other parameters before and after storage in these samples were comparable. Whereas, breeding accession F₆ (Z6 x Lotos) stood out in terms of maximum content of sum of antioxidants in alcoholic extract and content of water-soluble antioxidants after storage.

KEYWORDS:

Breeding accession of pink tomato, dry matter, monosaccharides, ascorbic acid, total antioxidant content, total acid content, polyphenols, carotenoids

Биохимические параметры плодов томата (*Solanum lycopersicum* L.) розовой окраски: зрелых и после закладки на хранение

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Розовоплодные сорта и гибриды представляют интерес при употреблении в свежем виде (fresh consumption). Они имеют тонкую кожицу и оптимальное соотношение сахаров и органических кислот. Причём на биохимические параметры оказывает влияние фактор сорта и фактор условий выращивания. Известно, что зрелые томаты хранятся недолго. Размягчение плодов вызывает этилен, вырабатываемый в созревающих плодах. Затем в тканях плода синтезируются ферменты – пектиназы, под действием которых и происходит размягчение клеточных стенок плода. Селекционерами создаются линии томатов, плоды которых могли бы храниться длительное время и не терять своих вкусовых качеств.

Цель исследования – оценка биохимических показателей розовоокрашенных плодов селекционных линий томата, собранные как зрелыми, так и заложенные на хранение в фазу молочной спелости.

Материалы и методы. Растения выращивали на опытных полях лаборатории селекции и семеноводства паслёновых культур ФГБНУ ФНЦО. В лабораторно-аналитическом отделе был изучен биохимический состав плодов зрелых томатов сразу при уборке и после закладки на хранение в фазу молочной спелости по следующим показателям: сухое вещество, аскорбиновая кислота, суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов, титруемая кислотность, моносахара, полифенолы и каротиноиды.

Результаты. У селекционного образца F₄ (Lotos x Z6) было показано максимальное содержание сухого вещества и моносахаров как после хранения, так и у зрелых плодов. В этом же образце, как и у F₅ (Lotos x Z6), было выявлено наибольшее содержание аскорбиновой кислоты после хранения. Остальные параметры до и после хранения в этих образцах были сравнимы. Тогда как по максимальному содержанию суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте и содержанию водорастворимых антиоксидантов после хранения выделился образец F₆ (Z6 x Lotos).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Селекционные образцы розовоплодного томата, сухое вещество, моносахара, аскорбиновая кислота, суммарное содержание антиоксидантов, полифенолы, каротиноиды

Introduction

Nowadays, both consumers and breeders pay attention to the quality of vegetable products. It is shown that the quality of tomato fruits is a combination of various organoleptic and nutritional characteristics: flavor characteristics are determined by the presence of dry matter, the ratio of monosaccharides content and titratable acidity and absolute acidity (pH of fruit pulp). In addition, the content of carotenoids and ascorbic acid, polyphenolic compounds as non-enzymatic antioxidants are important for human health [1; 2; 3; 4]. Numerous diverse studies have been carried out on tomato, both traditional morphological and biochemical analyses and new methods, such as Raman spectroscopy combined with chemometrics, used for phenotypic characterization of tomato genotypes. Genotypic differences in biochemical components such as carotenoids were confirmed using Raman spectroscopy. PCA results showed that yellow tomato mainly differed in carotenoids compared to others, while pink and dark tomato differed from yellow tomato in phenolic compounds, revealing the difference in antioxidant components that were obtained by biochemical analysis. In addition, the exocarp of pink, dark and yellow tomatoes differed in phenolic compounds, while the mesocarp and endocarp of yellow tomatoes differed in carotenoids [5; 6].

The use of diverse molecular, genetic and breeding methods and tools in the study of numerous tomato cultivars, hybrids and mutants with different fruit coloration leads to their new genotypes [7; 8; 9]. Breeding objectives aimed at improving pigments in tomato include accurate quantification of different pigments and the effect of environmental factors on these traits.

Special attention is paid to growing conditions and fruit storage factors, molecular, genetic and biochemical aspects that condition the quality of tomato fruit during ripening, storage and processing [10; 11; 12; 13]. Previously, we carried out work on the evaluation of biochemical parameters of tangerine tomatoes under different storage conditions [14], so in this work we analyzed the biochemical parameters of pink-fruited tomatoes grown in field conditions and stored.

Material and Methods

The material for the study was tomato breeding accessions (b.a.) with pink fruit coloration of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Solanaceae crops of Federal Scientific Vegetable Center (Moscow region, Russia (55°39.51' N, 37°12.23' E)). In the presented results, the analysis of tomato b.a. for field condition of different generations, having dense fruits of pink color with good storability, taste qualities, which do not lose them during fruit ripening, was carried out. B.a. (Lotus x Z6) and (Z6 x Lotus) were obtained by using two parental lines of tomato in hybridization: Z6 – breeding from the Chinese collection sample, which has dense, storable, large pink fruits, but has an indeterminate bush and late ripening. Tomato cultivar for field conditions Lotus zoned for the Non-Chernozem zone of Russia. The cultivar is early-ripening, determinant bush, the fruits are large, pink, tasty, the fruit of tender consistency is not stored. New b.a. with pink large fruits, dense consistency with good storability, pleasant taste, medium-early maturity group, determinate bush (Table 1; Fig. 1, 2, 3, 4, 5).

Table 1. Characteristics of pink-fruited tomato b.a.
Таблица 1. Характеристика розовоплодных линий томата

Breeding accessions	Characteristics of b.a.
F ₄ (Lotos x Z6)	Early ripening (93 days). The bush is ordinary, semi-spreading, the height of the main stem up to 70 cm. The fruit is rounded, light green without a spot at the stalk, pink when ripening, weighing up to 160 g. Fruits are dense.
F ₅ (Lotos x Z6)	Early ripening (89 days). The bush is half-stemmed, compact. The height of the main stem is up to 55 cm. The fruit is rounded, light green with a weak green spot at the stalk, pink when ripe. Fruit weight is 80-100 g. Fruits are dense.
F ₆ (Lotos x Z6)	Early ripening (93 days). The bush is determinate, ordinary. The fruit is rounded, light green without a spot at the peduncle, pink when ripening, weighing up to 200 g. Fruits are dense.
F ₅ (Z6 x Lotos)	Early ripening (93 days). The bush is determinant, semi-stemmed. The fruit is rounded-flat, light green without a spot at the peduncle, pink when ripening, weighing up to 140 g. Fruits are dense.
F ₆ (Z6 x Lotos)	Early ripening (93 days). The bush is determinant, half-stemmed. The fruit is rounded-flat, light green without a spot at the peduncle, pink at maturity, weighing up to 140 g. The fruit is dense.



Рис. 1. Розовоплодный томат линия F₄(Lotos x Z6)
Fig. 1. Pink-fruited tomato breeding accession Line F₄(Lotos x Z6)



Рис. 2. Розовоплодный томат линия F₅(Lotos x Z6)
Fig. 2. Pink-fruited tomato breeding accession Line F₅(Lotos x Z6)



**Рис. 3. Розовоплодный томат линия F₆(Lotos x Z6)
Fig. 3. Pink-fruited tomato breeding accession Line F₆(Lotos x Z6)**



**Рис. 4. Розовоплодный томат линия F₅(Z6x Lotos)
Fig. 4. Pink-fruited tomato breeding accession Line F₅(Z6x Lotos)**



**Рис. 5. Розовоплодный томат линия F₆(Z6 x Lotos)
Fig. 5. Pink-fruited tomato breeding accession Line F₆(Z6 x Lotos)**

Research was conducted in 2021 and 2022, from April to October, at the experimental fields of the institute, in a loam sod podzolic soil with the following characteristics: pH 6.2, 2.12% organic matter, 1.32 mg-eq 100 g⁻¹ hydrolytic acidity, 18.5 mg kg⁻¹ mineral nitrogen, 21.3 mg kg⁻¹ ammonium nitrogen, sum of absorbed bases as much as 93.6%, 402 mg kg⁻¹ mobile phosphorous, 198 mg kg⁻¹ exchangeable potassium, 1 mg kg⁻¹ S, 10.95 mg kg⁻¹ Ca, 2.05 mg kg⁻¹ Zn, 0.86 mg kg⁻¹ B, 220 µg kg⁻¹ d.w. Se, 7.65 mg kg⁻¹ Ni, 0.22 mg kg⁻¹ Cd, 1.6 mg kg⁻¹ As, 12.85 mg kg⁻¹ Pb.

The values of mean temperature and relative humidity during the vegetation period are presented in Table 2.

**Table 2. Monthly temperature and precipitation in 2021 and 2022
Таблица 2. Температура и осадки в 2021 и 2022 годах по месяцам**

Month	Temperature (°C)		Precipitation (mm)	
	2021	2022	2021	2022
May	13.8	10.0	81	55.5
June	21.8	18.6	20	24.6
July	22.0	20.2	38	66.1
August	19.4	22.3	36	13.7
September	9.1	9.6	58	125.7

The seed sowing was performed on 25 April in cassettes (5x5 cm) and the seedling planting on 8 June according to a scheme 70 x 50 x 35 cm.

The first fertilization of seedlings with nitrogen-phosphorus fertilizer (mass fraction of nitrogen 16%, P₂O₅ – 16%, K₂O – 16%) was conducted on 20 May, the second fertilization in the field on 16 June, light perching was conducted on 29 June. Field drenching was carried out once on June 30. Preventive treatment of plants against phytophthorosis was carried out twice – 13 July and 1 August (Ridomil Gold). Due to dry and hot weather in the second half of the growing season ripening of fruits was observed early, the weight of fruits was small. Field experiments, phenological observations, and yield accounting were conducted according to the Methodological Guidelines for the breeding of tomato cultivars and hybrids for fields and greenhouse [15].

Fruits were placed for ripening at the milk stage of maturity in plastic crates of 25x40 cm with openings on the entire surface of the walls. The ripening was carried out indoors, at room temperature not exceeding 18°C. Fruits were placed visually healthy, without damage, harvested in dry weather. Fruits were placed in two layers, the boxes were not closed. The room was illuminated naturally. Counting and biochemical analysis was carried out after fruit ripening one week after storage.

The analysis of biochemical composition in fruits with pink coloring of fruits of b.a. was carried out in two stages – the first analysis immediately after harvesting, the second analysis of fruits harvested in the milky phase of maturity and stored for additional ripening.

The biochemical composition of tomato fruits of all variants of the experiment was studied according to the following parameters: determination of the total content of water-soluble antioxidants – according to the method of Maximova et al. [16], ascorbic acid (AA) was the external standard; AA content – according to the method of Sapozhnikova and Dorofeeva [17]. Dry matter content – by drying the sample to constant weight [18], titratable acidity was carried out according to Andryushchenko's method [19], monosaccharides content was carried out by cyanide method [20]. Taste index (Taste Index) was calculated according to Navez et al. [21] using the formula $TI = TA + TS / (20 \times TA)$, (where TA is titratable acidity, TS is sugar content).

The content of polyphenols was determined with a spectrophotometer using Folin-Ciocalteu reagent [17] in alcohol extracts of dried tomato fruits (70% ethanol, heating to 80 °C for 1 hour). Gallic acid was used as an external standard. The results were expressed in mg-eq. gallic acid/g dry weight.

The content of the sum of antioxidants was determined by titration of 1 ml of 0.05 N KMnO_4 solution in 0.24 M H_2SO_4 medium with the analyzed solution (extract of dried tomato fruits in 70% alcohol) until the permanganate solution discolored [17]. Gallic acid was used as a standard [22]. The results were expressed in mg gallic acid eq/g dry weight.

Carotenoid composition was determined according to the following procedure. Before analysis, the fruits were washed, dried with filter paper and homogenized. From 0.5 to 1.5 g of the obtained mixture (depending on the brightness of fruit color) was extracted with acetone (3x5 ml), using glass powder for better extraction of carotenoids when rubbing the samples in a mortar. To the combined acetone extract, about 9 mL of hexane was added followed by 50-60 mL of distilled water. The aqueous layer was separated and washing of the organic layer with water was repeated 4-5 times until the acetone odor disappeared. The hexane layer thus obtained was quantitatively transferred to a 10 mL pycnometer, brought to the mark with hexane and filtered on a pleated filter through a layer of anhydrous sodium sulfate. The solution was stored without access to bright light and analyzed within 6 hours after preparation [23; 24].

The data were processed using analysis of variance and the separation of means was performed using Duncan's multiple range test, given a probability level of 0.05, using SPSS version 27 software.

The result of the test is a set of subsets of the mean, where in each subset the means are recognized as not differing significantly from each other.

Duncan's multiple interval test uses the step interval distribution to determine the critical values in comparing the means. Different comparisons between means may differ in their level of significance – because the level of significance depends on the size of the subset of the mean being considered. The Duncan's Multiple Range Test (DMRT) is a post hoc test to measure specific differences between pairs of averages [25].

Results and discussing

Pink-fruited tomato cultivars with dense fruits, good ripeness and tasty qualities were chosen from the collection breeding material.

Dry matter content is one of the most important indicators of tomato fruit quality and its suitability for processing [26]. Analysis of biochemical composition of pink-fruited tomato b.a. showed that the maximum content of dry matter and monosaccharides was in fruits of F_4 hybrids (Lotos x Z6) both in mature fruits and stored fruits – 9.17...9.78% and 4.67...4.85%, respectively (Fig. 6; A, B). Of the five hybrids studied, only fruits of hybrid F_5 (Z6 x Lotos) didn't statistically differed dry matter content: stored fruits exceeded this index of mature fruits by 1.3 times (Fig. 6A).

The results we obtained for dry matter content in pink-fruited tomato samples correlated with the data of other researchers [27; 26].

Monosaccharides content in fruits of the other four hybrids was comparable – both before storage (2.57-3.95%) and after storing for ripening – 3.52-4.44% (Fig. 6 B), except for F_6 (Z6 x Lotos): 1.4 times the value of monosaccharides in stored fruits exceeded the value of mature fruits (6, B). Similar data were obtained by scientists from N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) on pink tomatoes, which fruits showed monosaccha-

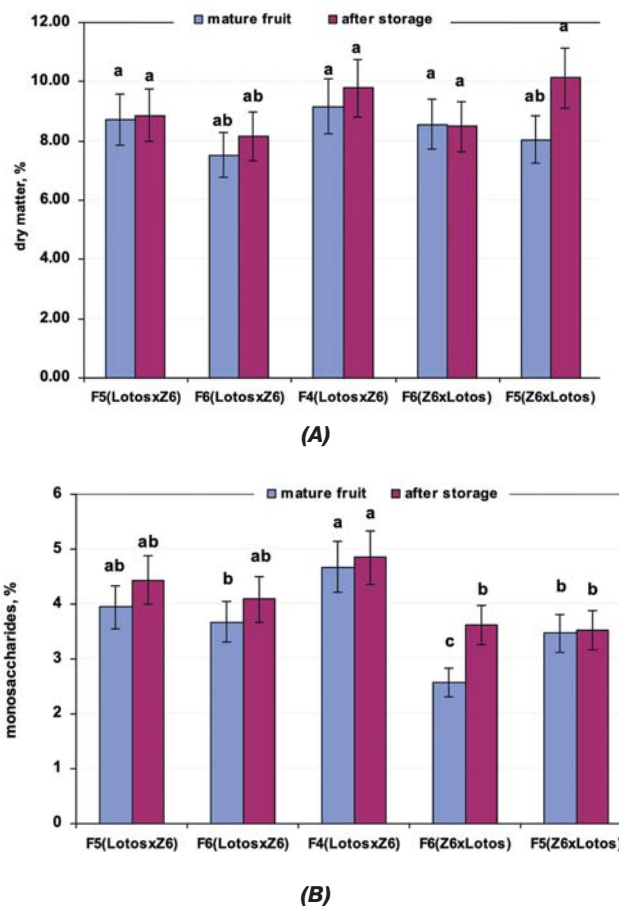


Fig. 6. Dry matter (A) and monosaccharides (B) content in pink-colored tomato fruits grown in field conditions. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0.05$

Рис. 6. Содержание сухого вещества (A) и моносахаров (B) в розовоокрашенных плодах томатов, выращенных в условиях открытого грунта. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

rides content of 1.47-5.35% (average 2.84%) with the maximum value in Superklusha cultivar [26].

In contrast to tangerine tomato fruits [14] which showed a high correlation coefficient ($r=0.75$), pink-colored tomatoes showed an average correlation coefficient between dry matter content and monosaccharides content – $r=0.65$ (Fig. 7).

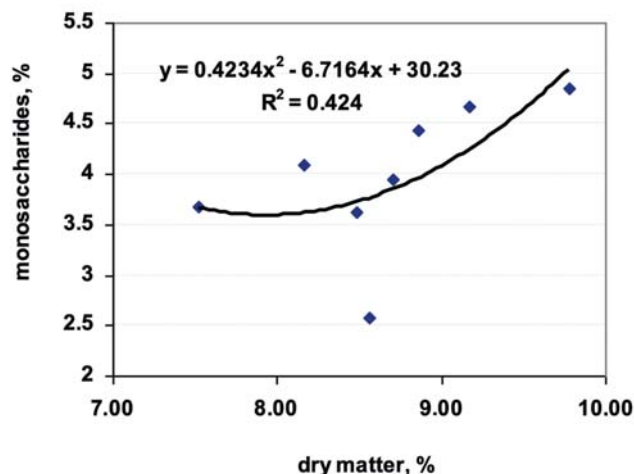


Рис. 7. Корреляционная зависимость между содержанием моносахаров и сухого вещества в плодах томата розовой окраски ($r=0.65$; $p < 0.05$)

Kurina et al. [26] also showed an average correlation coefficient between dry matter and monosaccharides content ($r=0.40$) on differently colored tomato fruits.

Titrate acidity in all tomato fruits harvested at maturity was comparable, 0.52-0.57% (malic acid). The tendency of exceeding this parameter in fruits stored in storage by 1.4 times was shown. The exception were the fruits of tomato b.a. F₅(Lotus x Z6) and F₆(Z6 x Lotus) in which this parameter did not differ significantly both in mature and stored fruits – 0.54-0.59% (Fig. 8).

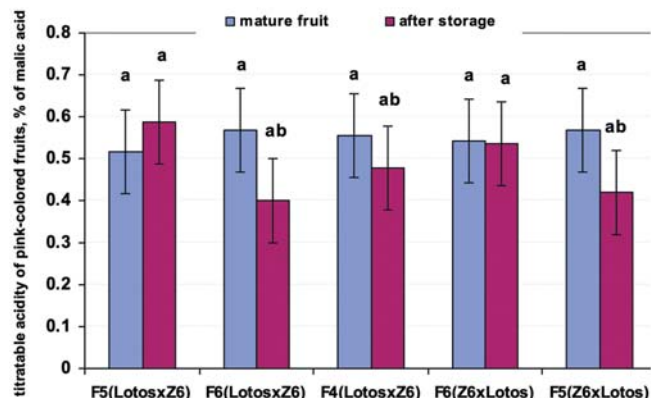


Fig. 8. Titratable acidity of pink-colored fruits. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

Рис. 8. Титруемая кислотность розовоокрашенных плодов, выращенных в условиях открытого грунта. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0.05$

A comparable titratable acidity result of 0.58 % was obtained in tomato cultivar Pirotski rozni [6], and 0.40% acidity was observed in pink-fruited tomato cultivars Yaponskij tryufel' rozovyy and Bych'e serdce rozovoe [26].

The taste index calculated by us divided our samples into three groups (Table 3).

Table 3. Taste index of pink-colored tomato mature fruits and after storage
Таблица 3. Вкусовые показатели зрелых розовых плодов томата и после хранения

Breeding accession	Mature fruit	After storage
F ₅ (Lotos x Z6)	0.43 ab	0.46 a
F ₆ (Lotos x Z6)	0.44 ab	0.37 b
F ₅ (Lotos x Z6)	0.38 b	0.43 ab
F ₅ (Z6 x Lotos)	0.43 ab	0.37 b
F ₆ (Z6 x Lotos)	0.46 a	0.47 a

Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

The Taste index was maximum in tomato b.a. of line F₆(Z6 x Lotos) and F₅(Lotos x Z6) harvested both mature and laid in storage – 0.43-0.47. Samples F₆(Lotos x Z6) and F₅(Z6 x Lotos) showed a 1.2 – fold decrease in the fruit tasty index, while b.a. F₅(Lotos x Z6) showed a 1.2-fold increase in the taste index parameter during storage.

The ascorbic acid content in mature tomato fruits was comparable and ranged from 19.36 to 21.12 mg%, except for the sample F₆(Lotos x Z6) in which the amount of ascorbic acid was 1.2-1.3 times lower than in the other b.a. (Fig. 9). The data we obtained on ascorbic acid content correlate with the data (the average result was 20.78 mg%) obtained on pink tomatoes [26]. In the work of Serbian researchers [6], ascorbic acid content in tomato fruits of Pirotski rozni cultivar is slightly lower than our samples – 17.83 mg%

The total content of water-soluble antioxidants in fruits harvested at maturity differed slightly: in b.a. F₅(Lotus x Z6) and F₆(Lotus x Z6), this parameter was 1.3 times higher than in other variants. In stored fruits, the maximum content of water-soluble antioxidants was determined in fruits of b.a. F₆(Z6 x Lotus) – 1.4 times higher than in other variants (Fig. 9).

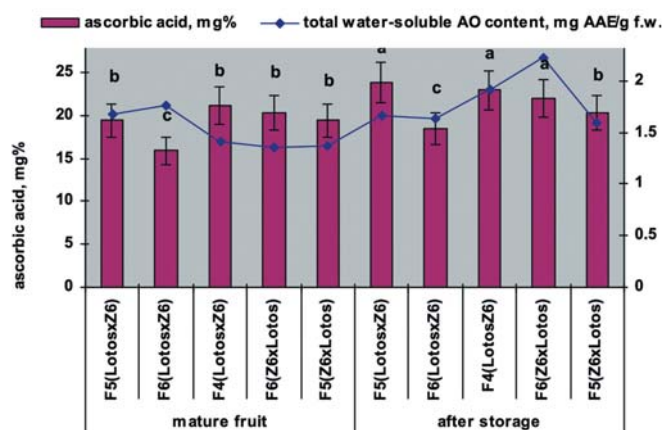


Fig. 9. Content of ascorbic acid and the sum of water-soluble antioxidants in pink-painted tomato fruits before and after storage. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p<0.05$

Рис. 9. Содержание аскорбиновой кислоты и суммы водорастворимых антиоксидантов в розовоокрашенных плодах томата до и после закладки на хранение, выращенные в открытом грунте. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0.05$

Unlike tangerine tomato fruits, which showed a high correlation coefficient – $r=0.86$ [14], in pink-colored tomatoes between the ascorbic acid content and the sum of water-soluble antioxidants also revealed a statistically insignificant correlation coefficient – $r=0.44$ ($p>0.05$).

Some tomato cultivars are characterized by pink color due to insufficient accumulation of naringenin chalcone and, as a consequence, transparent peel [28, 30]. Therefore, in our opinion, the determination of the content of polyphenols is a necessary indicator when analyzing the product quality.

The content of polyphenols in tomato fruits in all variants of the experiment was comparable and amounted to 19.08...22.69 mg GAE/g d.w. (Fig. 10). According to the sum of antioxidants, the b.a. were divided into two groups: three samples – F₆(Lotos x Z6), F₆(Z6 x Lotos), F₅(Z6 x

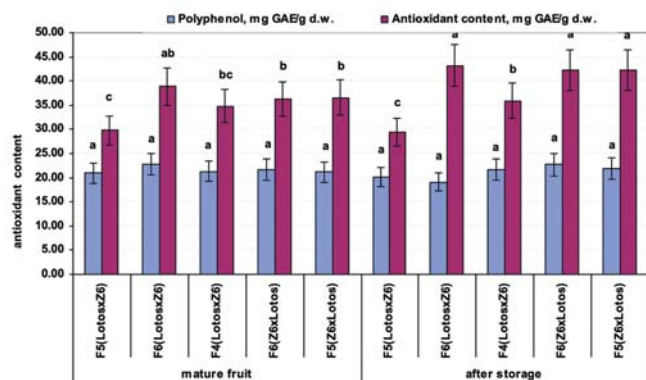


Fig. 10. Contents of polyphenols and antioxidants sum in alcohol extract in pink-colored tomato fruits grown in field conditions. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0.05$

Рис. 10. Содержание полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте (мг-экв Гк/г сух. мас.) в розовоокрашенных плодах томата, выращенных в условиях открытого грунта. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

Lotos) – after storage exceeded the antioxidant parameter of mature fruits by 1.2 times, whereas the parameters of two samples – F₅(Lotos x Z6) and F₄(Lotos x Z6) b.a. were comparable both analyzed mature and put in storage – 29.42-29.77 and 34.82-35.91 mg GAE/g d.w.

The correlation coefficient between the content of polyphenols and the sum of antioxidants in pink-colored tomato fruits was slightly lower than in tangerine-colored fruits – $r = 0.85$ (Fig. 11).

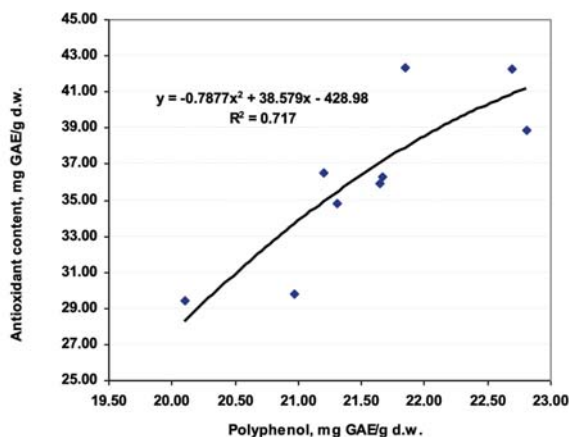


Fig. 11. Correlation relationship between polyphenol content and sum of antioxidants in pink tomato fruits ($r = 0.85$; $p < 0.02$)
Рис. 11. Корреляционная зависимость между содержанием полифенолов и суммой антиоксидантов в плодах томата розовой окраски ($r = 0.85$; $p < 0.02$)

Tomato fruit color/coloration is the most important component of product quality demanded by the market and consumers. Improved fruit coloration (carotenoid composition and chalcone content) has been directly linked by the researchers to increased nutritional and functional value of tomato [28].

The total carotenoid content in mature tomato fruits differed significantly (Fig. 12). The highest value was found in sample F₅(Lotos x Z6) – 12.46 mg/g. The content of carotenoids in other variants was significantly lower by 1.4-1.9 times.

In stored tomato samples, the carotenoid content in all samples was comparable and was in the range of 7.53-9.62 mg/g, with the exception of b.a. F₆(Lotos x Z6) in the fruits of which the carotenoid amount was minimal – 5.45 mg/g (Fig. 12).

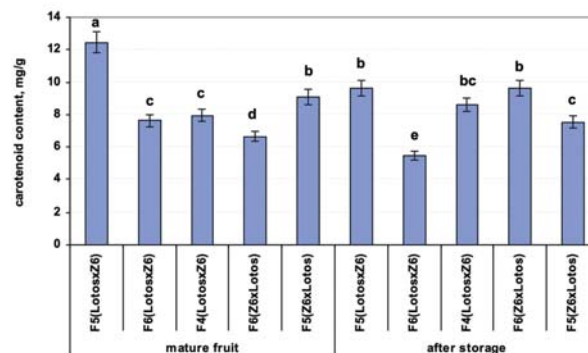


Fig. 12. Total carotenoid content in pink-colored tomato fruits grown in field conditions. Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0.05$

Рис. 12. Содержание каротиноидов в плодах томата розовой окраски, выращенных в условиях открытого грунта. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

In the comparative analysis the breeding accessions were divided into three groups: in the fruits of one sample – F₄(Lotos x Z6) the sum of carotenoids was comparable and was in the range of 7.95-8.61 mg/g, in sample F₆(Lotos x Z6) the sum of carotenoids increased significantly after storage in comparison with mature tomatoes by 1.5 times. In three breeding accessions, the sum of carotenoids after storage decreased significantly by 1.2-1.4 times compared to the analyzed mature fruits.

Conclusions

In terms of dry matter and monosaccharides content, the maximum values were observed in the sample of b.a. F₄(Lotos x Z6), analyzed both mature and stored and exceeded the appropriate parameters of other samples by 1.2 times (dry matter) and 1.4-1.8 times (monosaccharides). The highest ascorbic acid content was shown in fruits after storage in samples F₄(Lotos x Z6) and F₅(Lotos x Z6) – 22.88 mg% and 23.76 mg%, while in terms of the total of water-soluble antioxidants sample F₆(Z6 x Lotos) stood out – 2.23 mg AAE/g f.w.

The index of titratable acidity was comparable in all samples of mature fruits and was within 0.52...0.57% (in terms of malic acid), whereas after storage the samples were divided into two groups – in F₅(Lotos x Z6) and F₆(Z6 x Lotos) the values of the parameter remained comparable with mature fruits – 0.54...0.59%, and in the other three samples – F₆(Lotos x Z6) and F₄(Lotos x Z6) the index was statistically significant lower. 0.59%, and in the other three samples – F₆(Lotos x Z6), F₄(Lotos x Z6) and F₅(Z6 x Lotos) the parameter was statistically significantly lower.

The content of polyphenols in all variants of the experiment was comparable and did not differ significantly – 19.08...22.81 mg GAE/g d.w. As for the total of antioxidants in the alcohol extract, the variants were divided into two groups: after storage, three b.a. exceeded the values of mature fruits 1.2 times, and two samples showed statistically comparable data.

• References

1. The Tomato Genome Consortium. The tomato genome sequences provides insights into fleshy fruit evolution. *Nature*. 2012;(485):635-641. <https://doi.org/10.1038/nature11119>.
2. Tieman D., Zhu G., Resende M.F.R. Jr., Lin T., Nguyen C., Bies D., Rambla J.L., Beltran K., Taylor M., Zhang B., Ikeda H., Liu Z., Fisher J., Zemach I., Monforte A., Zamir D., Granell A., Kirst M., Huang S., Klee H. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science*. 2017;(355):391-394. <https://doi.org/10.1126/science.aal1556>.
3. Mata-Nicolas E., Montero-Pau J., Gimeno-Paez E., Garcia-Carpintero V., Ziaresolo P., Menda N., Mueller L.K., Blanca J., Cañizares J., van der Knaap E., Diez M.J. Exploiting the diversity of tomato: the development of a phenotypically and genetically detailed germplasm collection. *Horticulture Research*. 2020;7:66. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0291-7>.
4. Rosa-Martínez E., Bovy A., Plazas M., Tikunov Y., Prohens J., Pereira-Dias L. Genetics and breeding of phenolic content in tomato, eggplant and pepper fruits. *Front Plant Sciences*. 2023;14:1135237. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1135237>.
5. Alonge M., Wang X., Benoit M., Soyk S., Pereira L., Zhang L., Suresh H., Ramakrishnan S., Maumus F., Ciren D., Levy Y., Hai Harel T., Shalev-Schlosser G., Amsellem Z., Razifard H., Caicedo A.L., Tieman D.M., Klee H., Kirsche M., Aganezov S., Ranallo-Benavidez T.R., Lemmon Z.H., Kim J., Robitaille G., Kramer M., Goodwin S., McCombie W.R., Hutton S., Van Eck J., Gillis J., Eshed Y., Sedlazeck F.J., van der Knaap E., Schatz M.C., Lippman Z.B. Major impacts of widespread structural variation on gene expression and crop improvement in tomato. *Cell*. 2020;182:145-161. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.05.021>.
6. Petrović I., Marjanović M., Pećinar I., Savić S., Jovanović Z., Stikić R. Chemical Characterization of Different Colored Tomatoes: Application of Biochemical and Spectroscopic Tools. *Biol. Life Sci. Forum*. 2022;16(1):32. <https://doi.org/10.3390/IECh2022-12482>.
7. Fernandez-Moreno J.-P., Tzfadia O., Forment J., Presa S., Rogachev I., Meir S., Orzaez D., Aharoni A., Granell A. Characterization of a New Pink-Fruited Tomato Mutant Results in the Identification of a Null Allele of the SIMYB12 Transcription Factor. *Plant Physiology*. 2016;171(3):1821-1836. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00282>.
8. Kang S.-I., Hwang I., Goswami G., Jung H.-J., Kumar N. U., Yoo H.-J., Lee J. M., Nou I. S. Molecular Insights Reveal Psy1, SGR, and SIMYB12 Genes are Associated with Diverse Fruit Color Pigments in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Molecules*. 2017;22(12):2180. <https://doi.org/10.3390/molecules22122180>.
9. Chattopadhyay T., Hazra P., Akhtar S., Maurya D., Mukherjee A., Roy S. Skin colour, carotenogenesis and chlorophyll degradation mutant alleles: genetic orchestration behind the fruit colour variation in tomato. *Plant Cell Rep*. 2021 May;40(5):767-782. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02650-9>.
10. Ballester A.-R., Molthoff J., de Vos R., Hekkert B.T., Orzaez D., Fernández-Moreno J.-P., Tripodi P., Grandillo S., Martin C., Ykema M., Granell A., Bovy A. Biochemical and molecular analysis of pink tomatoes: deregulated expression of the gene encoding transcription factor SIMYB12 leads to pink tomato fruit color. *Plant Physiol*. 2010 Jan;152(1):71-84. <https://doi.org/10.1104/pp.109.147322>.
11. Szuvandzisz P., Helyes L., Lugasi A., Szanto C., Baranowski P., Pek Z. Estimation of antioxidant components of tomato using VIS-NIP reflectance data by handheld portable spectrometer. *International Agrophysics*. 2014;28:521-527. <https://doi.org/10.2478/intag-2014-0042>.
12. Shan S., Wang Z., Pu H., Duan W., Song H., Li J., Zhang Z., Xu X. DNA methylation mediated by melatonin was involved in ethylene signal transmission and ripening of tomato fruit. *Scientia Horticulturae*. 2022;(291):110566. <https://doi.org/10.121203/rs.3.rs-180786/v1>.
13. Zhu F., Wen W., Cheng Y., Fernie A. R. The metabolic changes that effect fruit quality during tomato fruit ripening. *Molecular Horticulture*. 2022;(2):2. <https://doi.org/10.1186/s43897-022-00024-1>.
14. Kondratyeva I.Yu., Molchanova A.V. Effect of ripening on biochemical characteristics of tangerine tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetables crops of Russia*. 2022;(6):72-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-72-78>. EDN SASVDC.
15. Guidelines for the breeding of cultivars and hybrids of tomato for fields and greenhouse. Moscow. 1986. [in Russ.]
16. Maximova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamastsev 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.]
17. 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. Moscow, 2020. Infra-M. [in Russ.]
18. 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. [in Russ.]
19. Andryushchenko V.K. Methods of optimization of biochemical selection of vegetable crops. Kishinev, "Stiintza". 1981;30-34. [in Russ.]
20. 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;236-240. [in Russ.]
21. Navez B.; Letard M.; Grasely D.; Jost J. Tomatoes: criteria for quality. *Infos CTIFL*. 1999;(155):41-47.
22. Misin V.M., Klimenko I.V., Zhuravleva T.S. On the suitability of gallic acid as a standard for an antioxidant formulation. *Competency (Russia)*. 2014;7(118):46-51. EDN SNHHYF. [in Russ.]
23. Rodriguez-Amaya D.B. A guide to carotenoid analysis in foods. 2001, Washington, OMNI Research. 65.
24. Golubkina N.A., Molchanova A.V., Tareeva M.M., Baback O.G., Nekrashevich N.A., Kondratyeva I.Yu. Quantitative thin layer chromatography for evaluation of carotenoid composition of tomatoes *Solanum lycopersicum*. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):96-99. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-96-99>. EDN ORXRHV.
25. 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/>.
26. Kurina A.B., Solovieva A.E., Khrapalova I.A., Artemyeva A.M. Biochemical composition of tomato fruits of various colors. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021;25(5):514-527. <https://doi.org/10.18699/VJ21.058>. EDN MQKXGF.
27. Ignatova S.I., Babak O.G., Bagirova S.F. Development of high-lycopene tomato hybrids using conventional breeding techniques and molecular markers. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(5):22-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-22-28>. EDN AVQFJ.
28. Marti R., Rosello S., Cebolla-Cornejo J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers*. 2016;(8):58. [doi:10.3390/cancers8060058](https://doi.org/10.3390/cancers8060058).
29. Batziakas K.G., Singh S., Stanley H., Brecht J.K., Rivard C.L., Pliakoni E.D. An innovative approach for maintaining the quality of pink tomatoes stored at optimum and above-optimum temperatures using a microporous membrane patch. *Food Packaging and Shelf Life*. 2022;(34):100981. doi.org/10.1016/j.foodpack.2022.100981.
30. Anton D., Bender I., Kaart T., Roasto M., Heinon M., Luik A., Püssa T. Changes in polyphenols contents and antioxidant capacities of organically and conventionally cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during ripening. *International Journal of Analytical Chemistry*. 2017;(10):2367453. doi.org/10.1155/2017/2367453.

• Литература

15. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М. 1986.
16. 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 C1.
17. 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.
18. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.А., Луквоникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимических исследований. Л., Агропромиздат. 1987. 430 с.
19. Андрищенко В.К. Методы оптимизации биохимической селекции овощных культур. Кишинёв, «Штиинца», 1981. С. 30-34.
20. 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.
22. 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. EDN SNHHYF.
24. Голубкина Н.А., Молчанова А.В., Тареева М.М., Бабак О.Г., Некрасhevich Н.А., Кондратьева И.Ю. Количественная тонкослойная хроматография в оценке каротиноидного состава томата *Solanum lycopersicum*. *Овощи России*. 2017;(5):96-99. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-96-99>. EDN ORXRHV.
26. Курина А.Б., Соловьева А.Е., Храпалова И.А., Артемьева А.М. Биохимический состав плодов томата различной окраски. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(5):514-527. <https://doi.org/10.18699/VJ21.058>. EDN MQKXGF.
27. Игнатова С.И., Бабак О.Г., Багирова С.Ф. Создание высоколикопиновых гибридов томата для теплиц с использованием традиционных методов селекции и молекулярных маркеров. *Овощи России*. 2020;(5):22-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-22-28>. EDN AVQFJ.

About the Authors:

Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Analytical Department, автор для переписки, vovka_ks@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, SPIN-code: 4682-5853

Irina Yu. Kondratyeva – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of Laboratory of Breeding and Seed Production of Solanaceae crops, <https://orcid.org/0000-0003-0548-1491>, SPIN-code: 3870-5032

Об авторах:

Анна Владимировна Молчанова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник Лабораторно-аналитического отдела, Correspondence Author, vovka_ks@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, SPIN-код: 4682-5853

Ирина Юрьевна Кондратьева – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории селекции и семеноводства пасленовых культур, <https://orcid.org/0000-0003-0548-1491>, SPIN-код: 3870-5032

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-65-70>
УДК: 635.64-02:631.811.98(470.67)

П.М. Ахмедова*

Федеральный аграрный научный центр
Республики Дагестан
367014, РФ, Республика Дагестан,
г. Махачкала, мкр. Научный городок,
ул. А. Шабанова, 30

*Автор для переписки: apm64@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно ематическому плану ФГБНУ ФАНЦ РД по теме FNMN-2022-0009 «Создание новых сортообразцов плодовых культур, адаптированных к стрессовым факторам среды, разработка и освоение экологически безопасных и конкурентоспособных систем производства и переработки плодов, овощей и картофеля».

Конфликт интересов. Автор подтверждает отсутствие конфликта интересов при написании данной работы.

Для цитирования: Ахмедова П.М. Влияние биопрепаратов на хозяйственно ценные показатели при производстве томата отечественной селекции в условиях открытого грунта Республики Дагестан. *Овощи России*. 2024;(2):65-70. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-65-70>

Поступила в редакцию: 27.12.2023

Принята к печати: 15.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

Patimat M. Akhmedova*

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

*Corresponding Author: apm64@mail.ru

Funding. The work was carried out within the framework of a state assignment in accordance with the thematic plan of the Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan on the topic FNMN-2022-0009 "Creation of new varieties of fruit crops adapted to environmental stress factors, development and development of environmentally friendly and competitive systems for the production and processing of fruits, vegetables and potatoes."

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

For citation: Akhmedova P.M. The influence of biological products on economically valuable indicators in the production of tomatoes of domestic selection in open ground conditions of the Republic of Dagestan. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):65-70. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-65-70>

Received: 27.12.2023

Accepted for publication: 15.01.2023

Published: 25.03.2024

Влияние биопрепаратов на хозяйственно ценные показатели при производстве томата отечественной селекции в условиях открытого грунта Республики Дагестан

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Томат занимает особое место среди овощных культур в мире, в том числе и в Республике Дагестан. В статье представлены результаты исследований по применению биостимуляторов роста на продуктивность растений томата в условиях открытого грунта Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. Целью исследования была оценка эффективности применения биопрепарата Реликт Р и Гумат+7 на хозяйственно ценные показатели при производстве томата отечественной селекции в условиях открытого грунта.

Материал и методика. Исследования проводили на базе в Терско-Сулакской подпровинции ФГБНУ ФАНЦ РД Кизлярского района. Почва опытного участка аллювиально-луговая, средне-солончаковая, по механическому составу среднесуглинистая. Агротехника – общепринятая в Республике Дагестан для культуры томата. Объектами исследований были томаты сорта Восход ВНИИССОКа и биопрепараты: Реликт Р, Гумат+7.

Результаты. Использование гуминовых препаратов ускорила продолжительность межфазного периода всходы-созревание, разница в вариантах составила от 6 до 11 суток. Установлено, что применение биостимуляторов роста дает значительную прибавку урожайности томата. Наиболее эффективным оказался Реликт Р – прибавка составила 4,1 т/га. Эффективность Гумат+7 также превысила контрольную урожайность и составила 2,3 т/га соответственно. Применение биопрепарата стимулировало накопление сухого вещества в плодах томата с 5,9% в контроле до 6,4-6,9% в опытных вариантах, содержание сахара увеличилось на 0,2%. Изучаемые препараты оказали положительное влияние на урожайность и качественные показатели томата. По результатам исследований рекомендуется использовать на томате гуминовый препарат Реликт Р – жидкий для повышения урожайности и качественных показателей в условиях юга страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Сорта, фенология, биометрия, гуминовый препарат Реликт Р, урожайность, масса плода, сухое вещество

The influence of biological products on economically valuable indicators in the production of tomatoes of domestic selection in open ground conditions of the Republic of Dagestan

ABSTRACT

Relevance. Tomato occupies a special place among vegetable crops in the world, including in the Republic of Dagestan. The article presents the results of research on the use of biostimulants of growth on the productivity of tomato plants in open ground conditions of the Tersk-Sulak subprovince of Dagestan. The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of the use of the biological product Relict R and Humate+7 on economically valuable indicators in the production of tomatoes of domestic selection in open ground conditions. Tomatoes were grown using conventional technology in open ground conditions.

Material and methodology. The research was carried out on the basis of the Tersko-Sulak subprovince of the Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan of the Kizlyar district. The soil of the experimental site is alluvial-meadow, medium-saline, medium loamy in mechanical composition. Agricultural technology is generally accepted in the Republic of Dagestan for tomato culture. The objects of research were tomatoes of the Voskhod VNISSOKa variety, Relict R, Humate+7.

Results. The use of humic preparations accelerated the duration of the interphase period of germination-maturation, the difference in variants ranged from 6 to 11 days. The yield of tomatoes has shown that the use of biostimulants of growth gives a significant increase. Relict R turned out to be the most effective – the increase was 4.1 t/ha. The effectiveness of Humate+7 also exceeded the control yield and amounted to 2.3 t/ha, respectively. The use of the biopreparation stimulated the accumulation of dry substances in tomato fruits from 5.9% in the control to 6.4-6.9% in the experimental versions, the sugar content increased by 0.2%. The studied preparations had a positive effect on the yield and quality indicators of tomatoes. According to the research results, it is recommended to use the Relict R – liquid humic preparation on tomato to increase yields and quality indicators in the conditions of the south of the country.

KEYWORDS:

Varieties, phenology, biometrics, humic preparation Relict R, yield, fruit weight, dry matter

Введение

В Дагестане ежегодно собирают более 1 млн т овощей открытого грунта. В 2022 году собрали 1 млн 400 тыс. т овощей. В 2023 году в регионе собрано до 1,5 млн тонн овощей, что на 100 тыс. т выше в сравнении с показателем 2022 года. Потребление свежих плодов томата и продуктов их переработки стало частью рациона питания широкого круга людей по всему миру. Сегодня томат стал ведущей овощной культурой в мире как по площадям, занимаемым в открытом и защищенном грунте, так и по валовым сборам продукции для потребления в свежем виде и промышленной переработки [1].

Дагестан – зона процветающего сельского хозяйства, отличающаяся обилием тепла, солнца и орошения в равнинной зоне. Томат занимает особое место среди овощных культур в мире, в том числе и в Республике Дагестан [2].

Поскольку томат культивируют в различных экологических условиях, на разных почвах, при орошении и на богаре, возникает необходимость подбора сортов этой культуры в соответствии с запросами агробизнеса. В предгорном Дагестане недостаточные ресурсы тепла не позволяют выращивать сорта

томата с продолжительным вегетационным периодом. Поэтому необходим их правильный подбор с учетом микроразноличий [3].

Томат является важной приправой в большинстве диет и очень дешевым источником витаминов и питательных веществ, которые очень полезны для человеческого организма. Он также защищает организм от болезней [4]. Это происходит, прежде всего, потому, что витамины и бета-каротин действуют как антиоксиданты, нейтрализующие вредные свободные радикалы в крови человека [5].

В литературных источниках отмечается положительное влияние гуминовых препаратов на всхожесть и энергию прорастания семян, на ускорение прохождения фенологических фаз развития, повышение урожайности и качества продукции, активное воздействие на обмен веществ, а также на повышение устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. В современном сельском хозяйстве один из главных приоритетов – повышение экологичности применяемых удобрений, в рамках общемирового курса на ответственное потребление и производство. И, в то же время, есть необходимость повышать продуктивность, в частности, в отрасли овощеводства. [6].



Рис. Выращивание томата сорта Восход ВНИИССОКа в условиях открытого грунта Республики Дагестан
Fig. Growing tomato variety Voskhod VNIISOK in open ground conditions of the Republic of Dagestan

Применение гуминовых удобрений и препаратов занимает важное место в современных технологиях, основанных на принципах биологического земледелия. [7].

Гуминовые соединения, особенно в комплексе с минеральными, помогают растениям, оказывая значительное влияние на свойства почвы, в частности, на ее способность накапливать элементы питания и поставлять их растениям. Гуминовые соединения заметно стимулируют прорастание семян, положительно влияют на дыхание и питание растений, стимулируют рост длины и биомассы проростков за счет влияния на ферментативные системы растения [8-10].

Использование гуминовых удобрений и препаратов способствует росту урожайности и улучшает качество продукции многих сельскохозяйственных культур, а также повышает устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам среды за счет мобилизации их потенциальных ресурсов [11].

Гуминовые препараты применяют для повышения всхожести семян, ускорения роста и развития растений, повышения урожайности и качества продукции. Они адаптируют растения к природным и техногенным воздействиям, ускоряют прохождение фенологических фаз развития, оказывают активное влияние на обмен веществ, ограничивают поступление токсикантов в растение [12-14].

Цель исследований: оценка эффективности применения биопрепарата Реликт Р и Гумат+7 на хозяйственно ценные показатели при производстве томата отечественной селекции в условиях открытого грунта.

Методика и условия проведения исследований

Исследование проводили на базе ФГБНУ ФАНЦ РД, расположенной в Терско-Сулакской подпровинции Кизлярского района. Объектами исследований были сорт томата Восход ВНИИССОКа, препараты Реликт Р, Гумат+7(рис).

Томат Восход ВНИИССОКА (Россия) – среднеранний сорт томата российской селекции. Детерминантный. Куст полуштамбовый, высотой 60-70 см, облиственность средняя, подвязки не требует. Листья короткие, зеленые. Соцветие простое. Плоды округлые, средней плотности, гладкие, массой 90-115 г. Цвет зрелых плодов красный. Незрелые плоды – светло-зеленые без пятнышка на плодоножке. Имеет 3-4 семенные камеры. Растения холодостойкие, при сборе в молочной фазе зрелости они сохраняют высокие товарные качества в течение 30-35 суток. Содержание сухого вещества в плодах составляет 5,9-

6,9%; общего сахара – 3,2%; аскорбиновой кислоты – 38,1%; общей кислотности – 0,43%. Сорт ранний. От массовых всходов до созревания 90-95 суток. Назначение: универсальное. Сорт холодостойкий, засухоустойчив, устойчив к фитофторозу. Продуктивность растения составляет 2,1-2,8 кг.

Предшественником является озимая пшеница. Агротехника выращивания томата общепринятая в Республике Дагестан. После сбора урожая предшественника проводили дискование на глубину 8-10 см с одновременным боронованием в меру отрастания сорняков. Осенью в конце сентября была проведена вспашка на глубину 30 см и внесено удобрение, весной проводили боронование, 2 культивации и укладку системы капельного полива.

Томат выращивали рассадным методом с использованием капельного орошения. Рассадку выращивали в теплице в течение 45 суток, высадили в поле во второй декаде апреля по схеме посадки 150x25 см, 2,7 растения/м².

Прополку проводили в рамках борьбы с сорняками. Полив проводили по мере необходимости, поддерживая влажность почвы на уровне 70-80% НВ, норму полива – 80-100 м³/га. Уход за посадками включал в себя защиту растений от вредителей и болезней. Против вредителей использовали препараты Актеллик, Актара и Искра М, против болезней – Хом, Квадрис и Ридомил Голд. Сбор урожая проводился вручную по мере созревания плодов.

Препарат Реликт Р (производитель ООО "НПП Генезис", РФ) – соли гуминовых и фульвокислот 40-60 г/л + микроэлементы. Норма расхода в эксперименте составляет 5 л/га.

Гумат+7 – комплексное органоминеральное удобрение, концентрат активной части гумуса + 7 микроэлементов. Норма расхода в эксперименте составляет 2 л/га.

Схема опыта:

1. Контроль (N120P170K150) – фон.
2. Фон + Гумат +7.
3. Фон + Реликт Р.

Исследования проводили в лабораторно-полевых условиях. Повторение опыта трехкратное, размещение делянок в опыте ярусное, варианты в рамках повторения рендомизированы. В лабораторных условиях был проанализирован биохимический состав плодов томата – определение содержания сухого вещества, саха-

Таблица 1. Норма применения биопрепаратов на томате
Table 1. Application rate of biological products on tomato

Варианты опыта	Фазы				
	всходы	1-3 листа	5-7 листьев	цветение	завязывание плодов
1. Контроль (N ₁₂₀ P ₁₇₀ K ₁₅₀) – фон	--	--	--	--	--
2. Фон + Гумат+7	2 л/га	2 л/га	2 л/га	2 л/га	2 л/га
3. Фон + Реликт Р-жидкий	5 л/га	5 л/га	5 л/га	5 л/га	5 л/га

ров. Наблюдения, учет и расчеты проводили в соответствии с общепринятыми методами и рекомендациями. Биометрические показатели растений томата учитывались в фазу массового плодоношения после всех подкормок, анализ биохимического состава плодов проводился на стадии полной спелости.

Почва опытного участка аллювиально-луговая, средне-засоленная по механическому составу, гумус в пахотном слое – 3,0-2,8%; общий азот – 0,27%; подвижный фосфор P_2O_5 – 2,0-3,5 мг и обменный калий – 37-43 мг на 100 г почвы; pH – 7,0.

Закладку полевых опытов проводили в соответствии с Методическими указаниями по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта (1986) [15].

Статистическая обработка данных об урожае проводилась по Б.А. Доспехову [16] с использованием компьютерных программ для статистической обработки данных.

Результаты исследований

По срокам вегетации разница в вариантах с применением гуминовых препаратов (от всходов до созревания – 90-101 суток) составляла от 6 до 11 суток (табл.2). Эта особенность сильно варьируется в зависимости от почвенно-климатических и световых зон страны. Разница между вариантами в продолжительности периода прорастания – цветения составила 4-6 суток. Этот период оказался самым продолжительным (52 суток) для контрольного варианта ($N_{120}P_{170}K_{150}$). Разница между вариантами проявляется также в продолжительности периода цветения – созревания плодов. Продолжительность этого периода варьировала от 44 (вариант фон + Реликт Р) до 49 (контрольный $N_{120}P_{170}K_{150}$ – фон).

Согласно полученным результатам, применение биопрепаратов оказало большое влияние и на интенсивность роста растений томата. Разница в вариантах опыта с использованием гуминовых препаратов по длине стебля имела наибольшее увеличение при обработке на фоне Реликт Р (табл.3). Разница была значительно выше по сравнению с контролем на 7,3 см. При использовании в составе схемы питания Гумат+7 на фоне $N_{120}P_{170}K_{150}$ способствовало увеличению длины стебля на 2,9 см.

Таблица 2. Длительность межфазных периодов томата при применении биопрепаратов, среднее 2022-2023 годы
Table 2. Duration of interphase periods of tomato when using biological products, average 2022-2023

Варианты	Посев (дата)	Период, сутки		
		всходы - цветение	цветение - созревание	всходы - созревание
1. Контроль ($N_{120}P_{170}K_{150}$) – фон	07.03.	52	49	101
2. Фон + Гумат+7	07.03.	48	47	95
3. Фон + Реликт Р	07.03.	46	44	90

Таблица 3. Биометрические показатели растений томата при использовании биопрепаратов, среднее 2022-2023 годы
Table 3. Biometric indicators of tomato plants when using biological products, average 2022-2023

Варианты	Высота растений, см	Площадь листьев, м ²	Степень завязывания плодов, %	Средняя масса плода, г
1. Контроль ($N_{120}P_{170}K_{150}$) – фон	62,7	0,880	83	101
2. Фон + Гумат+7	65,6	0,885	88	112
3. Фон + Реликт Р	70,0	0,912	94	114
НСР ₀₅	2,15	0,013	3,50	8,00

Лист является основным ассимилирующим органом, в котором происходит процесс фотосинтеза. Фотосинтез в значительной степени зависит от перехвата света, который, в свою очередь, зависит от площади листьев. При использовании гуминовых препаратов размеры листового аппарата томата увеличивались относительно контроля на 0,005-0,032 м²/растение.

Прием Фон + Реликт Р обеспечил формирование наибольшей площади листьев томата и показатель был значительно выше, чем в контроле, на 0,032 м²/растение.

Наилучший показатель по повышению степени завязывания плодов томата в опыте был достигнут при обработке растений фон + Реликт Р, что способствовало значительному увеличению степени завязывания плодов относительно контроля на 11%.

При использовании фона + Гумат+7 степень завязываемости плодов томата была значительно выше по сравнению с контролем – на 64%.

Плоды томата – это сочные многогнездные ягоды, которые отличаются разнообразием по окраске и форме плодов.

Применение биопрепаратов способствовало увеличению средней массы плодов томата по сравнению с контролем на 11-13 г. Наибольшая масса плодов томата образовалась при использовании схемы питания фон + Реликт Р и была значительно выше контроля – на 13 г.

Доза удобрений $N_{120}P_{170}K_{150}$ была рассчитана на планируемую урожайность томата в 80 т/га. По всем вариантам опыта урожайность превысила запланированный уровень на 1,2-4,1 т/га (табл. 4).

Применение биопрепаратов способствовало увеличению урожайности томата по сравнению с контролем – разница была выше значения НСР₀₅.

При использовании схемы подкормки фон + Гумат+7 урожайность томата была выше по сравнению с контролем на 2,3 т/га.

Таблица 4. Хозяйственно ценные показатели в зависимости от применения биопрепаратов в условиях открытого грунта, среднее 2022-2023 годы
 Table 4. Economically valuable indicators depending on the use of biological products in open ground conditions, average 2022-2023

Варианты	Урожайность, т/га	Товарность, %	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %
1. Контроль (N120P170K150) – фон	81,2	80	5,9	3,0
2 Фон + Гумат+7	83,5	84	6,4	3,13
3. Фон + Реликт Р	85,3	90	6,9	3,20
НСР ₀₅	1,5	5	0,2	0,05

Наиболее эффективным оказалось использование схемы питания фон+ Реликт Р – урожайность томата увеличилась на 4,1 т/га, что значительно выше по сравнению с контролем.

Товарность плодов варьировала в пределах 80-90%, что также значительно превышает выход товарной продукции при схеме питания Фон + Реликт Р по сравнению с контролем.

Применение биопрепаратов способствовало увеличению содержания сухого вещества на 0,5-1,0%. Наибольшее накопление сухого вещества наблюдалось в плодах томата, выращенных с использованием Фон + Реликт Р, показатель достоверно выше контроля на 1,0%.

Вкус плодов томата определяется содержанием сахаров (глюкозы и фруктозы) и органических кислот (лимонной, щавелевой, яблочной, виннокаменной). Именно от их соотношения и количества зависит вкус (сахарокислотный показатель).

Наиболее эффективным вариантом (схема питания) по накоплению сахаров в плодах томата оказался Фон + Реликт Р – 3,20%, что было достоверно выше, чем в контроле на 0,2%.

Выводы

В результате наших исследований было установлено, что применение биопрепаратов на фоне расчетной нормы удобрений N120P170K150 в технологии выращивания томата способствовало улучшению формирования вегетативных и генеративных органов по отношению к контролю: увеличению площади листьев – на 0,005– 0,032 м²/растение, степень плодообразования – на 6-

11%, средняя масса плодов – на 11-13 г. Применение биопрепаратов значительно повысило урожайность по сравнению с контролем на 2,3-4,1 т/га и оказалось выше запланированной урожайности в 80 т/га. Самая высокая урожайность томата была получена при использовании Реликт Р – 85,3 т/га. В процентном соотношении это составляет 2,8 и 5% в сравнении с контрольным вариантом. Применение гуминовых препаратов способствовало улучшению биохимических показателей плодов: содержание сухих веществ увеличилось на 0,5-10%, сахаров – на 0,2%.

По итогам проведенных исследований можно утверждать, что применение биопрепаратов при выращивании томата в условиях открытого грунта благоприятно влияет на процессы роста и развития на всех стадиях жизни растения. Биопрепараты повышают продуктивность кустов томата, путем влияния на вегетативную и генеративную фазу. Данные препараты активируют биоэнергетические процессы, стимулируют обмен веществ. Позволяют сохранить и значительно повысить количественные и качественные показатели урожая.

Таким образом, с целью повышения урожайности и качества плодов томата Восход ВНИИССОКа при выращивании его в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана рекомендуется использовать биопрепарат Реликт Р в качестве подкормки на фоне основного питания. Изученный агротехнический подход к повышению урожайности томата также будет эффективен при использовании других сортов и гибридов в различных подпровинциях Дагестана.

• Литература

1. Обзор рынка: овощеводство. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.openbusiness.ru>. Дата обращения 30.04.2020.
2. Ахмедова П.М. Раннеспелые сорта томата открытого грунта отечественной селекции в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. *Овощи России*. 2023;(3):67-72. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-67-72>. EDN IRBGQS.
3. Ахмедова П.М. Биологические и хозяйственные особенности образцов томата с различной степенью детерминантности. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023;18,3(71):5-10. DOI 10.12737/2073-0462-2023-5-10. EDN HSWIXF.
4. Taylor I.B. Biosystematicsofthetomato. In: Atherton J.G., Rudich J. (eds.) *The tomato crop: A scientific basis for improvement*. New York: Chapman and Hall; 1986. p. 1-34.
5. Bhowmik D., Kumar K.S., Paswan S., Srivastava S. Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2012;1(1): 33-43.
6. Нуштаева А.В., Блинохvatова Ю.В. Влияние комплексного гуминового препарата на посевные качества семян овощных культур. *Нива Поволжья*. 2022;2(62):1009. DOI 10.36461/NP.2022.62.2.018. EDN XXMVHM.
7. Наими О.И., Поволоцкая Ю.С. Биологическое земледелие и экологические аспекты применения гуминовых препаратов. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019;(3-1):121-123. DOI 10.24411/2500-1000-2019-10633. EDN YPXHXZ.
8. Feificova D., Snajdr J., Siglova M., Cejkova A., Masak J., Jirku V. Influence of humic acids on the growth of the microorganisms utilizing toxic compounds (comparison between yeast and bacteria). *CHIMIA International Journal for Chemistry*. 2005;59(10):749-752. DOI:10.2533/000942905777675705
9. Kaschl A., Chen Y. Interaction of humic substances with trace metals and their stimulatory effects on plant growth. In book: *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: from Theory to Practice*. Eds.: I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn. Netherlands: Springer, 2005. pp.83-113. DOI:10.1007/1-4020-3252-8_4 DOI:10.1007/1-4020-3252-8_4
10. Yakimenko O., Frimmel F.H., Abbt Braun G. Chemical and plant growth stimulatory properties in a variety of commercial humates. *Humic substances linking structure to functions. Proc. of 13th Meeting of the Int. Humic Substances Society. Karlsruhe*, 2006;(45):1017-1021.
11. Христева Л.А. Действие физиологически активных гуминовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях. *Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения*. Днепропетровск, 1973. Т. 4. С. 5-23.
12. Кирдей Т.А. Гуминовые препараты в агротехнологиях. *Земледелие*. 2013;(5):12-14. EDN RENOON.
13. Малхасян А.Б., Павлов И.Н. Влияние природных регуляторов роста на урожайность и качество белокочанной капусты. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018;(6):116-119. EDN VLMXFM.
14. Щерба Е.В., Потапова С.С., Галеев Р.Р. Качество рассады раннеспелой белокочанной капусты в зависимости от регуляторов роста в лесостепи Новосибирского Приобья. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013;3(101): 008-012. EDN PWPWLJ.
15. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М., ВНИИССОК, 1986. 64 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с

• References

1. Market overview: vegetable growing. [electronic resource]. URL: <http://www.openbusiness.ru>. Date of appeal 30.04.2020.
2. Akhmedova P.M. Early-maturing varieties of open-ground tomato of domestic breeding in the conditions of the Tersko-Sulak sub-province of Dagestan. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):67-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-67-72>. EDN IRBGQS.
3. Akhmedova P.M. Biological and economic features of tomato samples with different degrees of determinance. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2023;18,3(71):5-10. DOI 10.12737/2073-0462-2023-5-10. EDN HSWIXF. (In Russ.)
4. Taylor I.B. Biosystematicsofthetomato. In: Atherton J.G., Rudich J. (eds.) *The tomato crop: A scientific basis for improvement*. New York: Chapman and Hall; 1986. p. 1-34.
5. Bhowmik D., Kumar K.S., Paswan S., Srivastava S. Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2012;1(1): 33-43.
6. Nushtaeva A.V., Blinokhvato Yu.V. Effect of a complex humic preparation on the sowing qualities of vegetable seeds. *Volga Region Farmland*. 2022; (2):1009. DOI 10.36461/NP.2022.62.2.018. EDN XXMVHM. (In Russ.)
7. Naimi O.I., Povolotskaya Yu.S. Biological farming and ecological aspects of the humic preparations application. *International journal of humanities and natural sciences*. 2019;(3-1):121-123. DOI 10.24411/2500-1000-2019-10633. EDN YPXHXZ. (In Russ.)
8. Feificova D., Snajdr J., Siglova M., Cejkova A., Masak J., Jirku V. Influence of humic acids on the growth of the microorganisms utilizing toxic compounds (comparison between yeast and bacteria). *CHIMIA International Journal for Chemistry*. 2005;59(10):749-752. DOI:10.2533/000942905777675705
9. Kaschl A., Chen Y. Interaction of humic substances with trace metals and their stimulatory effects on plant growth. In book: *Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: from Theory to Practice*. Eds.: I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn. Netherlands: Springer, 2005. pp.83-113. DOI:10.1007/1-4020-3252-8_4 DOI:10.1007/1-4020-3252-8_4
10. Yakimenko O., Frimmel F.H., Abbt Braun G. Chemical and plant growth stimulatory properties in a variety of commercial humates. *Humic substances linking structure to functions. Proc. of 13th Meeting of the Int. Humic Substances Society. Karlsruhe*, 2006;(45):1017-1021.
11. Khristeva L.A. The effect of physiologically active humic acids on plants under unfavorable external conditions. *Humic fertilizers. Theory and practice of their application. Dnepropetrovsk*, 1973. Vol. 4. pp. 5-23. (In Russ.)
12. Kirdey T.A. Humic preparations in agrotechnology. *Zemledelie*. 2013;(5):12-14. EDN RENOON. (In Russ.)
13. Malkhasyan A.B., Pavlov I.N. Effect of natural growth regulators on white-head cabbage yields and quality. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2018;(6):116-119. EDN VLMXFM. (In Russ.)
14. Shcherba Ye.V., Potapova S.S., Galeev R.R. Quality of transplant seedlings of early-ripe white cabbage depending on growth regulators in the forest-steppe of the novosibirsk priobye (the Ob river region). *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013;3(101):008-012. EDN PWPWLJ. (In Russ.)
15. Methodological guidelines for the selection of tomato varieties and hybrids for open and protected soil. М., VNISSOK, 1986. 64 p. (In Russ.)
16. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: textbook. М.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

Об авторе:

Патимат Магомедовна Ахмедова – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела плодовоовощеводства, <https://orcid.org/0000-0003-4617-4359>, SPIN-код: 7727-4054, apm64@mail.ru

About the Author:

Patimat M. Akhmedova – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Fruit and Vegetable Growing Department, <https://orcid.org/0000-0003-4617-4359>, SPIN-code: 7727-4054, apm64@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-71-78>
УДК: 631.526.2:504.5

Melkamu Terefe Asmare

Ethiopian Forestry Development
Addis Ababa, Ethiopia

*Corresponding Author: melkamu1122@gmail.com

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

For citation: Asmare M.T. Acidic soil-tolerant tree species identification. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):71-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-71-78>

Received: 24.11.2023

Accepted for publication: 16.01.2024

Published: 25.03.2024

М.Т. Асмае*

Развитие лесного хозяйства Эфиопии
Аддис-Абеба, Эфиопия

*Автор для переписки: melkamu1122@gmail.com

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Asmare M.T. Acidic soil-tolerant tree species identification. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):71-78. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):71-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-71-78>

Поступила в редакцию: 24.11.2023

Принята к печати: 16.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

Acidic soil-tolerant tree species identification

Check for updates



ABSTRACT

Previously, surface soil acidity was amended by the application of lime, gypsum, and acidic soil-tolerant crop species. However, their effectiveness in subsurface soil acidity reduction is limited. Thus, this review paper aimed to screen the tree species that easily overcome such problems. Scopus, Science Direct, Google Scholar, African journals online, and Google search engine databases were used. A total of 60 acidic soil-tolerant tree species were identified. *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassiparva*, *Arbutus unedo* L., *Casuarina junghuhniana*, and *Erythrina abyssinica* were among the extremely acidic soil-tolerant tree species. Whereas *Acacia cincinnata*, *Acacia mangium*, *Pinus patula*, *Albizia saman*, *Citrus x paradisi*, and *Cassia reticulata* were belongs to some of the strong acidic soil tolerant tree species. Generally, the species' acidic tolerance capacity and planting site compatibility should be considered for the success of amendment works. Scaling out these species and large-scale plantations should be done in addition to estimating their relative percent of acidic soil amendment roles. Producing stable food in line with reclaiming acidic soil is achieved through the integration of stress tolerant fruit trees. Research on large-scale plantations, domestication, skilling up and comparative evaluation of their levels of acidic soil amendment capacity should be performed in the future.

KEYWORDS:

Agroforestry; Fruit, Legumes tree; pH; subsurface soil acidity

Определение видов деревьев, устойчивых к кислой почве

РЕЗЮМЕ

Раньше подповерхностную кислотность почвы корректировали путем внесения извести, гипса и кислых почвоустойчивых культур. Однако их эффективность в снижении кислотности почв ограничена. Таким образом, цель данного обзора – отобрать породы деревьев, которые легко преодолевают подобные проблемы. Были использованы источники Scopus, Science Direct, Google Scholar, африканские онлайн-журналы и базы данных поисковых систем Google. Всего выявлено 60 видов деревьев, устойчивых к кислым почвам. *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassiparva*, *Arbutus unedo* L., *Casuarina junghuhniana* и *Erythrina abyssinica* относились к числу чрезвычайно устойчивых к кислотности почв видов деревьев. В то время как *Acacia cincinnata*, *Acacia mangium*, *Pinus patula*, *Albizia saman*, *Citrus x paradisi* и *Cassia reticulata* принадлежали к видам деревьев, устойчивым к сильно кислым почвам. Как правило, для успеха корректирующих работ следует учитывать кислотоустойчивость вида и совместимость с местом посадки. Увеличение и закладка крупномасштабных плантаций плодовых деревьев должна осуществляться с учетом оценки их относительной роли как улучшителей кислой почвы. Таким образом, производство стабильных продуктов питания и восстановление кислой почвы достигается за счет выращивания устойчивых к стрессу плодовых деревьев. В будущем должны быть проведены исследования крупномасштабных плантаций, интродукции и сравнительная оценка их уровня способности улучшать почву.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Агролесомелиорация; плодовые деревья; бобовые деревья; pH; подповерхностная кислотность почвы

1. Introduction

In rain fed agricultural areas, the absence of diversified livelihood assets boosted the forest-to-agricultural area conversion process. Such anthropogenic factors, along with the associated natural events, cause substantial soil acidification on land [1]. Alvarez, Gimenez [2] reported that soil acidification may result from acid parent materials, leaching of basic cations (calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), and potassium (K^+), hydrolysis reactions within soil exchange sites, rainfall containing nitric and sulfuric acids, cations absorbed by the crop over the course of long-term cultivation, removal of crop residue, and the addition of soluble salts and fertilizers (mineral and organic). Generally, the worry of soil acidification can be seen from different angles. Reduction of land productivity, change in vegetation cover, global warming, and migration are the major perspectives that express the consequences of acidification. Increasing acidification on land influences the essential mineral absorption capacity of tree and crop root systems, resulting in vegetation cover reduction. Land productivity is strongly influenced. Unable to sustain food and feed production later on influences the health system of people and other living organisms. Therefore, famine occurred, and the migration of living organisms to other areas occurred. In addition to this ending of poor acidic soil management, the area will be exposed to desertification since the vegetation cover is strongly influenced (degraded). Once erratic rainfall occurs in those areas, the remaining minerals are easily leached by floods and create higher sedimentation on the riverbank. The Accommodation of large sedimentation reduces the sea level water content and aggravates the emission of carbon dioxide, which was previously stored at sea level, to the atmosphere. The process finally creates global warming. Areas covered by acidic soil vary across the continent. For instance, in tropical regions, which are the largest agricultural production area, 43% of the land is covered by acidic soil [3]. Sumner and Noble [4] reported that the total topsoil acidic area of the world is approximately 30% (3.777 to 3.95 billion ha) of the total ice-free land area. They also reported that 22% of the total land of Africa (3.01 billion ha) is exposed to acidic soil. In Ethiopia, 47% of the total and 45% of the rainfed area of land is covered by the most hazardous acidic soil [5, 6]. The cultivated to the total area of the above mentioned continent is much lower than the acidic areas. The extent of acidity in the total and rainfed lands of Ethiopia was categorized as extreme to strong, moderate, and slight. In the rainfed agricultural areas of Ethiopia, the extreme to strongly acidic (higher concentration of hydrogen ions H^+ in the soil) soil cover area is twice its content in the total area of the country [6]. To avoid the above mentioned consequences, different acidic soil amendment techniques were implemented in the different parts of the country. The application of lime (CaCO_3) and acid-soil-compatible microbes, Al-tolerant crop genotypes, and gypsum are among the most commonly used acidic soil amendment techniques [7-9]. Liming is well known to reduce surface soil acidity, although it increases soil pH, native phosphorous, and molybdenum [10, 11]. Subsurface soil acidity, which occurs in a soil zone of 10-35 cm due to aluminum toxicity, is not easily reduced via the application of lime, gypsum and other usual treatments. Leaving this area free from any activity without amendment practice couldn't reduce the content of acidity. It rather aggravates the expansion rate to other nearby area. Its impact on reducing vegetation cover of less tolerance species and land productivity

enhances unless appropriate amendment techniques applied on time. To overcome such problems, deep banding lime treatment has been implemented in different areas [12-14]. However, such practice is cost demanding and needs additional skill. As a result, sustainable and cost-effective surface and subsurface soil acidity amendment options are needed. Thus, this review focuses on the screening of various tropical acidic soil-tolerant species for future skilling-up and domestication-based research work. This is claimed by Nair, Kumar [15] in that there is little availability of surface and subsurface acidity in the forest and coffee landscape as compared to rubber and coconut land use practices. Abure [16] reported that acidity of soil under home garden was better than eucalyptus plantation land use. This indicated that proper species screening for acidity amelioration technique is pertinent issues.

2. Literature searching method

Formerly published data were used. Databases such as Scopus, Science direct, Google scholar, African journals online and Google search engines were used. Hand picking, citation and reference tracking manual searching techniques were used to compile relevant published papers. Papers that were published in English language alone were used. To avoid missing relevant information and compiling sufficient evidence, the timeline of publication was not considered.

3. Results and discussion

3.1. The extent of acidity on soil type, Agroecology and its effect on species composition

There are three main categories of soil based on textural size: small-sized clay, medium-sized silt, and larger-sized sandy soil. The class's sandy-textured soil types are primarily known for their acidity. Clay-textured soil types, on the other hand, have a high alkaline content. Acidity growth is constrained by the ecology and the type of soil. Among the 12 soil orders, acidity is more frequently occur in Oxisols in Africa and Ultisols in South America. According to Sanchez P.A. et al. [17], Oxisols and Ultisols make up roughly 43% of the tropics. Around 205 million hectares, or 23% of the nation, make up the tropical savannah known as the cerrado in central Brazil. Because of their high aluminum saturation, high P fixation capacity, and low natural soil fertility, the majority of the soils in this region are Oxisols (46%), Ultisols (15%), and Entisols (15%) [18]. Acidity varies across agro ecological zones. Factors like parent material, climate variability, vegetation cover type, drainage type, organic matter content, weather of rocks, management practice and other agricultural activity influence the extent of acidity across Agroecology [19-21]. Volcanic soil dominated highland and coastal lowland ecology have higher level of acidity than other areas [22-25]. The plant root required favourable soil nutrient content besides other essential things for their growth and development. The absence of nutrient or essential element toxicity or deficiency and active and abundant relevant microorganisms activities directly influence the plant root growth and development. In areas with higher level of aluminum toxicity, the root tip's cell elongation and division is inhibited [26]. In other words, it creates unfavourable environment for bacteria, earth worm and other essential microorganisms besides leaching of essential nutrients below the root zones of the plant. In such cases the plant root water and other essential nutrient uptake capacity reduces significantly. This creates the critical role in their

development and reproduction rate. Thus, the species diversity and abundance in particular and species composition in general in acidic soil dominated area reduces as compared with other fertile soil area [27, 28].

3.2. Effect of soil acidity on biomass or yield of crops species

Increases in crop yields have been shown to dramatically lower poverty and enhance food security. A number of factors, including technological ones (managing decisions, agricultural practices or tillage system etc.), biological ones (crop variety, diseases, insects, pests, weeds), and environmental ones (climatic conditions, soil fertility, acidity, salinity, alkaline, topography, water quality, etc.) can affect yield, or the mass of harvested crop product in a given area [29-31]. Acidity influence crop and vegetation growth across soil types. Combining such factors with acidity strictly declined the crop yield and exposed the community for conical famine season. Crop requires favourable phosphorus and other essential elements. In acidic soil areas' the tillage system influence these essential nutrients. In a 19 years study, Calegari, Tiecher [7] found that, up to 10 cm of soil depth, proper liming and other soil management techniques provided better acidity, P, and K availability for winter crop species growth in no tillage systems than in conventional tillage systems. They also reported that below a depth of 10 cm, lime treatments in small amounts on the soil's surface were ineffective in mitigating the hazards of aluminum. Their findings indicate that applying lime to the soil surface on a regular basis under the no tillage system for crop yield improvement can only be a feasible substitute tactic if the subsurface's acidity and aluminum toxicity have been previously eradicated by applying a sufficient quantity of lime and blending it with the growing layer. Crop growth is greatly impacted by low soil pH, which lowers yield. According to Ngoune Tandzi, Mutengwa [32] soil acidity in maize can result in up to 69% yield loss. The maize (*Zea mays* L.) grain yield negatively correlated with the level of acidity [31, 33-35]. For instance, Hayati, Sutoyo [33] find out that the mean maize yield obtained in acidic soil was 38 times lower than the control environments.

3.3. Major acidic soil amelioration techniques used

Liming or Working horse of crop [36], gypsum, coffee husk manure, acid resistant cover crops, organic matters and dolomites are some of the main methods we use to treat acid soil. By increasing the availability of calcium and magnesium, enhancing microbial activity, increasing plant nutrient uptake efficiency, and lowering phosphorus immobilization, solubility, and heavy metal leaching, liming improves soil structure and lowers acidity [8, 24, 31, 36]. Though liming has such importance, its acidity or Al toxicity reduction capacity is limited until 10-20 cm soil depth alone during the first three successional years of its application [37]. Therefore, amending subsoil acidity with liming alone requires so long year and other techniques like gypsum and deep ripping. The extremely slow vertical and lateral movement of lime in the usual soil disturbance (small window) in deep ripping using tyne of 5 to 8 cm width results to big amounts of untreated soil [38]. Because of this, it seems unlikely that the subsurface acidity constraint will be lifted quickly. More research is necessary to determine whether complete tillage at depth is a feasible solution for subsoil acidity amendment as claimed by Li [39]. He

also reported that In the short term, the alkalinity in the lime may move downward more easily when combined with organic materials. Nevertheless, over time, nitrification brought on by the heavy application of organic materials may cause the soil to become acidic.

Gypsum is applied to reduce Al toxicity and raise Ca^{2+} levels in the subsoil. The latter result has been linked to SO_4^{2-} 's involvement in either Al precipitation [36]. However, its usual treatment slowly reduces the subsoil acidity. Another treatment was used to rapidly ameliorate subsoil acidity. Accordingly, Oates and Caldwell [40] reported, that using hydrofluorogypsum and phosphogypsum gypsum by-product in place of the standard gypsum treatments were considerably and quickly reduced subsoil acidity because of the fluoride impurity found, which have an amount of 21 cmol(+) per kg of KCl- exchangeable Al. Applying gypsum to acid Andosols seemed to be more effective when soil humus contents and minor variations in soil pH levels were taken into account. This also resulted in a decrease in Al release rates when the consistent segmentation method was employed [41]. Generally, the use of inorganic acidic soil amendment techniques in a sustainable way request huge capital. The better less costly and sustainable crop production option in acidic soil dominated area needs further research. In the long and short run the use of acidic soil tolerant tree species better reclaimed the aluminium toxicity and level of soil pH in sustainable and cost efficient ways.

3.4. What makes tree species acidic soil tolerant?

Generally, techniques used in microbial biotechnology are derived from the organic interactions found in ecosystems. *Rhizobacteria*, one type of bacteria that is particularly important for plant growth, offer agricultural crops a counterbalance to the detrimental effects of abiotic stress, such as those brought on by salinized environments [42]. Microbial communities have developed a variety of defences' mechanisms to address numerous environmental obstacles. Because their survival and growth depend on quick, insufficient control over genetic expression and metabolic reactions, bacteria must be dynamic to overcome such unfavourable conditions [43-45]. Certain members of the diverse microbial populations can thrive in settings that are strictly unacceptable, while others may suffer negative consequences. A significant rise in expression occurs when bacteria are exposed to unfavourable conditions such as heat, heavy metals, salt, and nutritional shortages, among others [46]. A few of the diverse microbial populations can survive in completely unfavourable environments, while others are negatively impacted under stressed conditions. When bacteria are exposed to harsh environments such as heat, heavy metals, salt and nutrient limitations, their expression level skyrockets. The highly acidic environment is another significant unfavourable factor that inhibits bacterial growth. However, rhizobia species have evolved mechanisms to cope with such harmful environmental factors, and proteomics can help identify the proteins responsible for tolerance to high acidity[46]. Most legume agroforestry species are well adapted in stress-dominated areas. The presence of *arbuscular mycorrhizal fungi* in legume tree species allows them to adapt and grow well in stress-like acidity, salinity, and alkaline tropical areas [46].

Table. The acid-tolerant multipurpose tree species

No.	Scientific Name of species	Suitable pH(H ₂ O) range	Reference
1.	<i>Acacia auriculiformis</i>	3-9	[48-50]
2.	<i>Acacia cincinnata</i>	4-5	[51, 52]
3.	<i>Acacia crassicarpa</i>	3.4-5.4	[51-53]
4.	<i>Acacia koa</i> A.Gray	4-7.4	[54]
5.	<i>Acacia mangium</i>	4.5-6.5	[51, 52, 55, 56]
6.	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	5-6.5	[57]
7.	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	5-8	[58-61]
8.	<i>Albizia lebbek</i>	5.5-7.5	[52]
9.	<i>Albizia saman</i>	4.6-7	[52]
10.	<i>Annona squamosa</i> *	6.5-8	[62]
11.	<i>Arbutus unedo</i> L.*	3-7.2	[63-66]
12.	<i>Azadirachta indica</i>	5-8	[67, 68]
13.	<i>Betula pendula</i>	4-5	[69, 70]
14.	<i>Calliandra calothyrsus</i>	4.5-6.5	[52, 71, 72]
15.	<i>Calliandra calothyrsus</i> Meisn.	4.5-6.5	[52, 73, 74]
16.	<i>Cassia abbreviate</i>	5.5-6.9	[52, 75]
17.	<i>Cassia reticulata</i>	4.2-4.7	[76]
18.	<i>Casuarina junghuhniana</i>	2.8-8	[52]
19.	<i>Citrus aurantiifolia</i> *	5-8	[77]
20.	<i>Citrus limon</i> *	5.5-6.5	[78, 79]
21.	<i>Citrus sinensis</i> *	6-8	[52]
22.	<i>Citrus x paradisi</i> *	4.3-8	[80]
23.	<i>Delonix regia</i>	4.5-7.5	[81]
24.	<i>Dialium guineensis</i>	5-7.5	[73]
25.	<i>Dodonaea viscosa</i>	4.5-8.5	[82]
26.	<i>Eneste ventricosum</i>	5-7.5	[83]
27.	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4.5-8	[52]
28.	<i>Erythrina abyssinica</i>	3.5-5.5	[84]
29.	<i>Erythrina variegata</i> L.	4.5-8	[52]
30.	<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.5-8.0	[85-87]
31.	<i>Ficus Carica</i> *	5.5-6.5	[88]
32.	<i>Flemingia macrophylla</i>	4-8	[52]
33.	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	5-8.	[89]
34.	<i>Gliricidia sepium</i>	4.5-6.2	[90-92]
35.	<i>Harungana madagascariensis</i>	5.5-6.5	[73, 93, 94]
36.	<i>Inga edulis</i> *	4-8	[95]
37.	<i>Japanese Maples (Acer palmatum)</i>	5.5-6.5	[96]
38.	<i>Juniperus horizontalis</i>	4-6	[97]
39.	<i>Leucaena leucocephala</i>	6-7	[76]
40.	<i>Liquidambar styraciflua</i>	5-7.4	[98, 99]
41.	<i>Malus domestica</i> *	5.5-7	[100, 101]
42.	<i>Mangifera indica</i> *	5.5-7.5	[102]
43.	<i>Mimosa scabrella</i>	4.8-5.1	[52]
44.	<i>Oxytenanthera abyssinica</i> A.Rich.	5-6	[103]
45.	<i>Paraserianthes falcata</i>	5.5-7	[104]
46.	<i>Persea americana</i> *	5-7	[105, 106]
47.	<i>Pinus patula</i>	4.5-5.5	[107, 108]
48.	<i>Pinus strobus</i>	4.5-6.5	[109]
49.	<i>Pithecellobium dulce</i>	5.5-7.5	[110]
50.	<i>Prunus persica</i> *	6-6.5	[111]
51.	<i>Prunus persica</i> var. <i>nectarine</i> *	5.5-6.5	[111, 112]
52.	<i>Pterocarpus indicus</i>	5-7.5	[110]
53.	<i>Pyrus communis</i> L.*	5-6.5	[113]
54.	<i>Punica granatum</i> L.*	5.5-7.2	[114]
55.	<i>Quercus palustris</i>	5-7	[115]
56.	<i>Sinorhizobium medicae</i>	5-7	[116-118]
57.	<i>Taxodium distichum</i>	5.5-6.8	[119]
58.	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	4-7	[73]
59.	<i>Vachellia abyssinica</i>	5-7.5	[52]
60.	<i>Vitellaria paradoxa</i> *	5.5-8	[120]

Note * indicated that the palatable fruit produced species

3.5. Acidic soil-Tolerant tree species

The logarithm of a solution's reciprocal of its hydrogen ion concentration is known as pH. Practically speaking, pH is the relative acidity or alkalinity of a solution. The pH scale ranges from 0 to 14, with 7 denoting a neutral pH. Coffee (pH=5) and grapefruit juice (pH=3) are typical examples of acidic solutions, whereas saltwater (pH=8) and oven cleaning (pH=13) are typical alkaline solutions. Potential of Hydrogen (pH) is significant in soils because it affects the availability of essential nutrients for plants. When the pH rises, some soil nutrients, such as iron and manganese, become less available.

Chesworth [47] reported that four (extremely acidic ($0 \leq \text{pH} < 4$), strongly acidic ($4 \leq \text{pH} < 5$), moderately acidic ($5 \leq \text{pH} < 6$), and slightly acidic ($6 \leq \text{pH} < 6.5$)) categories of soil acidity were observed in agricultural landscapes. Taking into account these classifications, the identification of acidic soil-tolerant tree species was summarized. In this review paper, a total of 60 tree species were identified. Tree species *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassicarpa*, *Arbutus unedo* L. (from fruit tree), *Casuarina junghuhniana*, *Erythrina abyssinica*, and *Fagus sylvatica* L. were identified as extremely acidic soil-tolerant tree species. 45 percent of the identified species (*Acacia auriculiformis*, *Acacia cincinnata*, *Acacia crassicarpa*, *Acacia koa* Gray, *Acacia mangium*, *Albizia saman*, *Arbutus unedo* L., *Betula pendula*, *Calliandra calothyrsus*, *Calliandra calothyrsus* Meisn., *Cassia reticulata*, *Casuarina junghuhniana*, *Citrus x paradisi*, *Delonix regia*, *Dodonaea viscosa*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina abyssinica*, *Erythrina variegata* L., *Fagus sylvatica* L., *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Juniperus horizontalis*, *Mimosa scabrella*, *Pinus patula*, *Pinus strobus* and *Tetrapleura tetraptera*) were able to grow in strongly acidic soil conditions (Table). All the listed species have direct and indirect ecosystem services (provision, regulation, cultural and support services). Of the screened species 16th were fruit tree species. Three of them (*Arbutus unedo* L., *Citrus x paradisi* and *Inga edulis*) can withstand a strong acidic soil (Table).

4. Conclusion and recommendation

Soil is a vital component for the growth of tree species. Inappropriate management of this essential resource reduces land productivity. Overutilization of inorganic fertilizer enhances the acidity level of surface and subsurface soil. A combined application of lime, gypsum and acidic soil-tolerant crop species is an essential tool for the amelioration of surface soil acidity. Reducing inorganic input and producing crop sustainably required other alternatives. Overall soil acidity (surface and subsurface acidity) is amended sustainably and is environmentally friendly at a high cost through the proper alignment of acidic soil-tolerant legume tree and fruit tree species with specific levels of acidic soil areas. Generally, planting the species (*Acacia auriculiformis*, *Acacia crassicarpa*, *Arbutus unedo* L., *Casuarina junghuhniana*, *Citrus x paradisi*, *Erythrina abyssinica* and *Fagus sylvatica* L.) that have the ability to absorb and recycle the subsurface mineral extreme acidic soil dominated area should be the priority issue for land managers. Producing stable food in line with reclaiming acidic soil is achieved through the integration of stress tolerant fruit trees. Research on large-scale plantations, domestication, skilling up and comparative evaluation of their levels of acidic soil amendment capacity should be performed in the future.

• References / Литература

1. Laekemariam F., Kibret K. Extent, distribution, and causes of soil acidity under subsistence farming system and lime recommendation: The case in Wolaita, Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. 2021(15):1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/5556563>
2. Alvarez R., Gimenez A., Pagnanini F., Recondo V., Gangi D., Caffaro M., et al. Soil acidity in the Argentine Pampas: Effects of land use and management. *Soil and Tillage Research*. 2020;(196):104434. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104434>
3. Fageria N.K., Baligar V.C. Fertility management of tropical acid soils for sustainable crop production. *Handbook of soil acidity*. 2003. p. 359-385. <https://doi.org/10.1201/9780203912317.ch13>
4. Sumner M.E., Noble A.D. Soil acidification: the world story. *Handbook of soil acidity*. New York: Marcel Dekker. 2003. p. 1-28. eBook ISBN 9780429223099.
5. Agegnehu G., Yirga C., Erkossa T. Soil acidity management. Ethiopian Institute of Agricultural Research (EIAR). Addis Ababa, Ethiopia, 2019. 56 p. ISBN: 9789994466597.
6. Desta G., Kassawmar T., Tadesse M., Zeleke G. Extent and distribution of surface soil acidity in the rainfed areas of Ethiopia. *Land Degradation & Development*. 2021;32(18):5348-5359. <https://doi.org/10.22541/au.162626048.80478554/v1>
7. Calegari A., Tiecher T., Hargrove W.L., Ralisch R., Tessier D., et al., Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*. 2013;(133):32-39. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.05.009>
8. Thakuria D., Hazarika S., Krishnappa R. Soil acidity and management options. *Indian Journal of Fertilisers*. 2016;12(12):40-56.
9. Yirga C., Erkossa T., Agegnehu G. Soil acidity management. Ethiopian Institute of Agricultural Research, 2019.
10. Pagani A., Mallarino A.P. Soil pH and crop grain yield as affected by the source and rate of lime. *Soil Science Society of America Journal*. 2012;76(5):1877-1886. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0119>
11. Barber S.A. Liming materials and practices. In: *Soil Acidity and Liming*. 2015, Wiley. P. 171-209.
12. Condon J., Burns H., Li G. The extent, significance and amelioration of subsurface acidity in southern New South Wales, Australia. *Soil Research*. 2020;59(1):1-11. <https://doi.org/10.1071/SR20079>
13. Li G.D., Conyers M.K., Helyar K.R., Lisle Ch.J., et al. Long-term surface application of lime ameliorates subsurface soil acidity in the mixed farming zone of south-eastern Australia. *Geoderma*. 2019; 338(3):236-246. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.003>
14. Azam G., Gazey C. Slow movement of alkali from surface-applied lime warrants the introduction of strategic tillage for rapid amelioration of subsurface acidity in south-western Australia. *Soil Research*. 2020;59(1):97-106. <https://doi.org/10.1071/SR19329>
15. Nair K., Anil Kumar K.S., Lalitha M., Shivanand, Ramesh Kumar S.C., Srinivas S., et al. Surface soil and subsoil acidity in natural and managed land-use systems in the humid tropics of Peninsular India. *Current Science*. 2019;116(7):1201-1211. <https://doi.org/10.18520/cs/v116/i7/1201-1211>
16. Abure T. Status of Soil Acidity under Different Land Use Types and Soil Depths: The Case of Hojje Watershed of Gomibora District, Hadiya Zone, Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. 2022;(6):1-13. <https://doi.org/10.1155/2022/7060766>
17. Sanchez P.A., Logan T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the Tropics. In: Lal R., Sanchez P.A., Eds. *Myths and Science of Soils of the Tropics*. Soil Science Society of America. Special Publication No. 29, SSSA-ASA, Madison, 1992. 35-46 p.
18. Fageria N., Baligar V. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2001;32(7-8):1303-1319. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104114>
19. Pérez L., Bugja R., Lorenschat Ju., Brenner M., Curtis J., Hoelzmann P., et al. Aquatic ecosystems of the Yucatan peninsula (Mexico), Belize, and Guatemala. *Hydrobiologia*. 2011;661(1):407-433. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0552-9>
20. Birch C., Sparrow L., Barry Doyle R., Bonney L.B., et al. Implications of soil resources for vegetable crop options and agro-nomic practice for sustainable production – a comparison of Eastern Highlands and Central Provinces, Papua New Guinea. in 19th World Congress of Soil Science. 2010.
21. Juo A., Wilding L. Soils of the lowland forests of West and Central Africa. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*. 1996;104:15-29.
22. Moreno J., Espinosa J., Bernal G. Soils from the Highlands. *The Soils of Ecuador*. 2018. p. 79-111. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
23. Delmelle P., Opfergelt S., Cornelis J.-T., Ping C.-L. Volcanic Soils. *The Encyclopedia of Volcanoes*, 2015. P. 1253-1264. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385938-9.00072-9>
24. Funakawa S., Kosaki T. Soil Fertility Status in Equatorial Africa: A Comparison of the Great Rift Valley Regions and Central/Western Africa. *Soils, Ecosystem Processes, and Agricultural Development: Tropical Asia and Sub-Saharan Africa*, 2017. p. 85-101. https://doi.org/10.1007/978-4-431-56484-3_5
25. Espinosa J., Izquierdo J.M. The soils of Ecuador. Vol. 1. 2018: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>. ISBN: 978-3-319-25317-6.
26. Panda S.K., Baluska F., Matsumoto H. Aluminum stress signaling in plants. *Plant Signaling & Behavior*. 2009;4(7):592-7. <https://doi.org/10.4161/psb.4.7.8903>
27. Roem W.J., Berendse F. Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities. *Biological Conservation*. 2000;92(2):151-161. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00049-X)
28. Palpurina S., Wagner V., von Wehrden H., Hájek M., et al., The relationship between plant species richness and soil pH vanishes with increasing aridity across Eurasian dry grasslands. *Global Ecology and Biogeography*. 2017;26(4):425-434. <https://doi.org/10.1111/geb.12549>
29. Liliane T.N., Mutengwa C.S. Factors affecting yield of crops. In book: *Agronomy - Climate Change and Food Security*. 2020. p. 9. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90672>
30. Reddy B.V.S., Reddy P. Sanjana, Bidinger F., Blümmel M. Crop management factors influencing yield and quality of crop residues. *Field Crops Research*. 2003;84(1):57-77. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00141-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00141-2)
31. Fan F., Van der Werf W., Makowski D., et al. Cover crops pro-

- mote primary crop yield in China: A meta-regression of factors affecting yield gain. *Field Crops Research*. September 2021;271(79):108237. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108237>
32. Ngoune T.L., Mutengwa C.S., et al. Breeding maize for tolerance to acidic soils: A review. *Agronomy*, 2018;8(6):84. <https://doi.org/10.3390/agronomy8060084>
33. Hayati P., Sutoyo S., Syarif A., Prasetyo T. Performance of maize single-cross hybrids evaluated on acidic soils. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2014;4(3):154-157. <https://doi.org/10.18517/IJASEIT.4.3.390>
34. Daba N.A., Li D., Huang J., Han T., et al. Long-term fertilization and lime-induced soil pH changes affect nitrogen use efficiency and grain yields in acidic soil under wheat-maize rotation. *Agronomy*. 2021;11(10):2069. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102069>
35. Bekele Sima A., et al. Evaluation of soil acidity and effects of amendments on selected soil properties and yield of maize (*Zea mays* L.) in Ebanu district, Western Highlands of Ethiopia. 2018, Haramaya university.
36. Fageria N.K., Nascente A.S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. *Advances in agronomy*. 2014;(128):221-275. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802139-2.00006-8>
37. Anderson G.C., Pathan Sh., Easton J., et al. Short-and long-term effects of lime and gypsum applications on acid soils in a water-limited environment: 2. soil chemical properties. *Agronomy*. 2020;10(12):1987. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121987>
38. Poile G., Oates A., Moroni S., Lowrie R., Conyers M., Swan T., et al., Canola and subsoil constraints: Technical Bulletin. 2012.
39. Li G. Innovative approaches to subsoil liming and management. Grains Research Update, 2020. P. 38.
40. Oates K.M., Caldwell A. Use of by-product gypsum to alleviate soil acidity. *Soil Science Society of America Journal*. 1985;49(4):915-918. <https://doi.org/10.2136/sssaj1985.03615995004900040025x>
41. Takahashi T., Ikeda Y., et al. Efficiency of gypsum application to acid Andosols estimated using aluminum release rates and plant root growth. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2006;52(5):584-592. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00071.x>
42. Flores Clavo R., Valladolid-Suyón E., Reinoza-Farroñan K., Ortega C.A., et al. Rhizobacterial Isolates from *Prosopis limensis* Promote the Growth of *Raphanus sativus* L. Under Salt Stress. *Current Microbiology*. 2023;80(8):269. <https://doi.org/10.1007/s00284-023-03379-w>
43. Nyström T. To be or not to be: the ultimate decision of the growth-arrested bacterial cell. *FEMS microbiology reviews*. 1998;21(4):283-290.
44. de Zelicourt A., Al-Yousif M., Hirt H. Rhizosphere Microbes as Essential Partners for Plant Stress Tolerance. *Molecular Plant*. 2013;6(2):242-245. <https://doi.org/10.1093/mp/sss028>
45. Egamberdieva D., Kucharova Z. Selection for root colonising bacteria stimulating wheat growth in saline soils. *Biology and fertility of soils*. 2009;(45):563-571. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0366-y>
46. Muleta D. Legume response to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in sustainable agriculture. In book: Microbes for Legume Improvement (pp.227-260). October 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59174-2_10
47. Chesworth W. Encyclopedia of soil science. 2007. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3995-9_323
48. Pham T.G., Chau T.T.M., Nguyen H.T. et al. Land Evaluation for *Acacia* (*Acacia mangium* × *Acacia auriculiformis*) Plantations in the Mountainous Regions of Central Vietnam. *Land*. 2022;11(12): 2184.
49. Boland D., et al., The habitat of *Acacia auriculiformis* and probable factors associated with its distribution. *Journal of Tropical Forest Science*. 1990. p. 159-180.
50. Hossain M.L., Huda S.M., Hossain M.K. Effects of industrial and residential sludge on seed germination and growth parameters of *Acacia auriculiformis* seedlings. *Journal of Forestry Research*. 2009;20(4):331-336. <https://doi.org/10.1007/s11676-009-0056-5>
51. Cole T.G., Yost R.S., Kablan R., Olsen T. et al. Growth potential of twelve *Acacia* species on acid soils in Hawaii. *Forest Ecology and Management*. 1996;80(1-3):175-186. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03610-5](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03610-5)
52. Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., et al. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. 2009. <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>.
53. Hanchor U., Maelim S., Suanpaga W., Park J.-M. et al. Growth Performance and Heritability Estimation of in a Progeny Trial in eastern Thailand. *Silvae Genetica*. 2016;65(2):58-64. <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0017>
54. Elevitch C.R. "*Acacia koa* (koa) and *Acacia koaia* (koai'a)". In Book Traditional Trees of Pacific Islands Their Culture, Environment and Use. The Traditional Tree Initiative. 2006. ISBN: 9780970254450.
55. Hegde M., Palanisamy K., Yi J.S. *Acacia mangium* Willd. - A fast growing tree for tropical plantation. *Journal of Forest and Environmental Science*. 2013;29(1):1-14. <https://doi.org/10.7747/JFS.2013.29.1.1>
56. Halinda C. Performance of *Acacia mangium* Willd. and *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. at Niah forest reserve, Serawak. *Nitrogen Fixing Tree Res Rep*. 1988;6:15-17.
57. Doran J.C., Turnbull J.W. Australian trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting. ACIAR Monograph No.24. Canberra, Australia, ACIAR. 384 p. 1997, Australia: CGIAR.
58. Weber-Blaschke G., Heitz R., Blaschke M., Ammer C. Growth and nutrition of young European ash (*Fraxinus excelsior* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) on sites with different nutrient and water statuses. *European Journal of Forest Research*. 2008;(127):465-479. <https://doi.org/10.1007/s10342-008-0230-x>
59. Hein S., Collet C., Ammer C., Le Goff N., Skovsgaard P.J., Savill P. A review of growth and stand dynamics of *Acer pseudoplatanus* L. in Europe: implications for silviculture. *Forestry*. 2009;82(4):361-385. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn043>
60. Caudullo G., de Rigo D. *Acer platanoides* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species. Luxembourg: Publ. Off. EU, 2016. p. e019159.
61. *Acer pseudoplatanus* (sycamore). Publication: CAB International. 21 November 2019. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.2884>
62. *Annona squamosa*. Iplantz, Useful plants for Warm climate. <https://www.iplantz.com/plant/107/annona-squamosa/>.
63. Celikel G., Demirsoy L., Demirsoy H. The strawberry tree

- (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey. *Scientia Horticulturae*. 2008;118(2):115-119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008>
64. Fonseca D.F., Salvador Â.C., Santos S.A.O., Vilela C., et al. Bioactive phytochemicals from wild *Arbutus unedo* L. berries from different locations in Portugal: Quantification of lipophilic components. *International journal of molecular sciences*. 2015;16(6):14194-14209. <https://doi.org/10.3390/ijms160614194>
65. Ruiz-Rodríguez B.-M., Morales P., Fernández-Ruiz V., Sánchez-Mata M.-C., et al. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. *Food Research International*. 2011;44(5):1244-1253. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.015>
66. Moualek I., Aiche G.I., Guechaoui N.M., Lahcene S., Houali K. Antioxidant and anti-inflammatory activities of *Arbutus unedo* aqueous extract. *Asian pacific journal of tropical biomedicine*. 2016;6(11):937-944. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.09.002>
67. Lemmens R.H.M.J., Soerianegara I., Wong W.C. Reviewed Work: Plant Resources of South-East Asia. No. 5(2). Timber Trees: Minor Commercial. PROSEA Foundation Indonesia. Bogor, 1995. <https://doi.org/10.2307/1224176>
68. Stoney C. *Azadirachta indica* (neem): a versatile tree for the tropics and subtropics', Fact Sheet publication of 'forest, farm, and community tree network'(FACT Net), Arkansas, United States. 1997.
69. Perala D.A., Alm A.A. Reproductive ecology of birch: A review. *Forest Ecology and Management*. 1990;32(1):1-38. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(90\)90104-j](https://doi.org/10.1016/0378-1127(90)90104-j)
70. Sajdak H.L.H.W.M., Wojtan M.K.R. The chemical composition of silver birch (*Betula pendula* Roth.) wood in Poland depending on forest stand location and forest habitat type. *Cellulose*. 2019;26(3):3047-3067. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02306-2>
71. Duguma B., Mollet M. Early growth of *Calliandracalothyrsus* (Meissner) provenances in the acid soils of southern Cameroon. *Agroforestry systems*. 1998;40:283-296.
72. Azani N., Babineau M., Bailey C.D., Banks H., Barbosa A.R., et al. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). *Taxon*. 2017;66(1):44-77. <https://doi.org/10.12705/661.3>
73. Cuenca G., Herrera R., Medina E. Aluminium tolerance in trees of a tropical cloud forest. *Plant and Soil*. 1990;125(2):169-175. <https://doi.org/10.1007/BF00010654>
74. Duke J.A. *Saccharum officinarum* L. Handbook of Energy Crops.(Available from http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Saccharum_officinarum.html)
75. Shai L.J., Masoko P., Mokgotho M.P., Magano S.R., Mogale A.M., Boaduo N., Eloff J.N. Yeast alpha glucosidase inhibitory and antioxidant activities of six medicinal plants collected in Phalaborwa, South Africa. *South African Journal of Botany*. 2010;76(3):465-470. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.03.002>
76. Szott L., Palm C., Sanchez P. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Advances in Agronomy*. 1991;45:275-301.
77. Crane J. Key Lime Growing in the Florida Home Landscape. 2015.
78. Srivastava A.K., Singh S. Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 2009;32(2):197-245. <https://doi.org/10.1080/01904160802592706>
79. Muhammad A.J., et al. Effect of different sources of sulfur on soil properties and physio-chemical characteristics of *Citrus limon* L. (cv. Lisbon) grown on alkaline soil in fata. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2007;23(1):95.
80. Ugale C.V., Warghat A.R., Phate P.V., Wagh P. Callus Induction Studies In *Psophocarpus Tetragonolobus* (L.). *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. November – December 2011;11(2):30-32. <https://www.globalresearchonline.net/journalcontents/volume11issue2/Article-005.pdf>
81. *Delonix regia*. Flame tree. Bonsai care and maintenance. <https://www.bonsaiempire.com/tree-species/flame-tree#:~:text=The%20flame%20tree%20tolerates%20a,so%20avoid%20very%20calcareous%20water>
82. Drought and Heat Tolerant Gardening. Growing *Dodonaea viscosa*: Hopbush. <https://gardenoracle.com/images/dodonaea-viscosa.html>
83. Tsegaye A., Westphal E. *Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman. Record from PROTA4U. In: Oyen L.P.A, Lemmens R.H.M.J. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa. Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. 1992.
84. PROTA, Plant Resources of Tropical Africa. <http://www.prota.org/>
85. Ljungström M., Stjernquist I. Factors toxic to beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in acid soils. *Plant and soil*. 1993;(157):19-29.
86. Walthert L., Graf Pannatier E., Meier E.S. Shortage of nutrients and excess of toxic elements in soils limit the distribution of soil-sensitive tree species in temperate forests. *Forest Ecology and Management*. 2013;297(6):94-107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.008>
87. Augusto L., Ranger J., Binkley D., Rothe A. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of forest science*. 2002;59(3):233-253. <https://doi.org/10.1051/forest:2002020>
88. Ersicli S., Tosun M., Karlıdag H., Dzubur A., Hadziabulic S., Aliman Y. Color and antioxidant characteristics of some fresh fig (*Ficus carica* L.) genotypes from Northeastern Turkey. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2012;67(3):271-276. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0292-2>
89. Beck P., Caudullo G., Tinner W. et al. *Fraxinus excelsior* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In book: European Atlas of Forest Tree Species. Publisher: Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2016.
90. Lim T. *Gliricidia sepium*. In Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants: Volume 7, Flowers. 2013, Springer. P. 806-816. ISBN: 978-94-007-7394-3. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7395-0>
91. Ota H.O., Aja D., Okolo C.C., Oranu C.O. Influence of tree plantation *Gmelina arborea* and *Gliricidia sepium* on soil physico-chemical properties in Abakaliki, Southeast, Nigeria. *Acta Chemica Malaysia (ACMY)*. 2018;2(2):23-28. <https://doi.org/10.26480/acmy.02.2018.23.28>
92. Keerthan S., Rajapaksha S.M., Trakal L., Vithanage M. Caffeine removal by *Gliricidia sepium* biochar: Influence of pyrolysis temperature and physicochemical properties. *Environmental Research*. 2020;(189):109865. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109865>
93. Antia B.S., Ita B.N., Udo U.E. Nutrient composition and in vitro antioxidant properties of *Harungana madagascariensis* stem bark extracts. *Journal of Medicinal Food*. 2015;18(5):609-614.

- <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0084>
94. Happi G.M., Tiani G.L.M., Gbetnkom Y.M.B., Hidayat H., Green I.R., et al. Phytochemistry and pharmacology of *Harungana mada-gascariensis*: mini review. *Phytochemistry Letters*. 2020;(35):103-112. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.11.015>
95. Lim T.K. *Inga edulis*. In: Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants: Volume 2, Fruits, 2012. p. 715-719. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0>
96. Browder J.F., Niemiera A.X., Harris J.R., Wright R.D. Growth of container-grown pin oak and Japanese maple as influenced by sulfur and sulfated micronutrients. *HortScience*. 2005;40(5):1521-1523. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1521>
97. Moore K.A., Bradley L.K. North Carolina Extension Gardener Handbook Extention Gardener Plant Text Book. 2018. 728 p. ISBN: 1469641259. <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/juniperus-horizontalis-blue-rug/#:~:text=It%20tolerates%20a%20range%20of,PH%20of%205%20to%208.>
98. Gilman E.F., Watson D.G. *Liquidambar styraciflua* Sweetgum. Fact Sheet ST-358, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1993.
99. Woody plant Database. <https://woodyplants.cals.cornell.edu/plant/138>
100. Han Q.-Y., Liu F., Li M., Wang K.-L., Ni Y.-Y. Comparison of biochemical properties of membrane-bound and soluble polyphenol oxidase from Granny Smith apple (*Malus domestica* Borkh.). *Food chemistry*. 2019;(289):657-663. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.064>
101. Pirmoradian M., Naseri L., Abdollahi H., Shahabi A.A. Ferric chelate reductase activity as screening index for selecting iron chlorosis resistance of Apple rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 2017;48(3):655-668. <https://doi.org/10.22059/IJHS.2017.204846.997>
102. Bally I.S. *Mangifera indica* (mango). 2006. P.1-25. <https://www.growables.org/information/TropicalFruit/documents/MangoAgroforestry.pdf>
103. Anjulo A., Mulatu Y., Kidane B., Reza S., Getahun A., Mulat S., Abere M., Teshome U. Show more et al. *Oxytenanthera abyssinica* A. Rich. Munro species-site suitability matching in Ethiopia. *Advances in Bamboo Science*. 2022;1(1):100001. <https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2022.100001>
104. Mulyadi M., Ruhayat D., Aipassa M.I., Hardwinanto S. The growth of *Paraserianthes falcataria* at three different plant ages and soil thickness classes on reclamation sites of post-coal mining areas in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2022;23(4):1930-1937. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230427>
105. Ravishankar H., Sane A. Avocado (*Persea americana* Mills.). 2019-01-01. <http://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/69423>
106. Rezende A.C.B., Crucello J., Moreira R.C., Silva B.S., Sant'Ana A.S. Incidence and growth of *Salmonella enterica* on the peel and pulp of avocado (*Persea americana*) and custard apple (*Annona squamosa*). *International journal of food microbiology*. 2016;(235):10-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.034>
107. Marais L., Kotzé J. Effect of soil pH on mycorrhizae development in *Pinus patula* Schlechtet Cham. in South Africa. *South African Forestry Journal*. 1978;106(1):12-15. <https://doi.org/10.1080/20702620.1978.10433489>
108. Dames J.F., Scholes M.C., Straker C. Nutrient cycling in a *Pinus patula* plantation in the Mpumalanga Province, South Africa. *Applied soil ecology*. 2002;20(3):211-226. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00028-8)
109. Wendel G.W., Smit H.C. *Pinus strobus* L. Eastern White Pine. In: *Silvics of North America*. 1. Conifers. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 1990. https://srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654/volume_1/silvics_vol1.pdf
110. Iplantaz. Useful plants for warm climates. *Pithecellobium dulce*. <https://www.ipantz.com/plant/1244/pithecellobium-dulce/>
111. Garro A., Gasull E. Characterization of polyphenoloxidase from 2 peach (*Prunus persica* L.) varieties grown in Argentina. *Food Science and Biotechnology*. 2010;(19):627-632. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0088-9>
112. Rapenau G., Van Loey A., Smout C., Hendrickx M. Biochemical characterization and process stability of polyphenoloxidase extracted from Victoria grape (*Vitis vinifera* ssp. *sativa*). *Food Chem*. 2004;94(2):253-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.058>
113. Rinallo C., Modi G. Fruit yield of field-grown pear *Pyrus communis* (L) exposed to different levels of rain acidity in tuscany. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1995;68(1):43-50. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740680108>
114. Plants For A Future. *Punica granatum* L. <https://pfaf.org/User/plant.aspx?latinname=Punica+granatum>
115. Watson G.W., Himelick E.B. Effects of soil pH, root density, and tree growth regulator treatments on pin oak chlorosis. *Journal of Arboriculture*. 2004;30(3):172-178. <https://doi.org/10.48044/jauf.2004.021>
116. Ross A.B., David M.P. Sensitivity of the messina (*Melilotus siculus*) – *Sinorhizobium medicae* symbiosis to low pH. *Crop and Pasture Science*. 2021;72(9):754-761. <https://doi.org/10.1071/CP20292>
117. Reeve W.G., Bräu L.t, Castelli J., Garau G., Sohlenkamp C., Geiger O., Dilworth M.J., et al. The *Sinorhizobium medicae* WSM419 lpiA gene is transcriptionally activated by FsrR and required to enhance survival in lethal acid conditions. *Microbiology*. 2006;152(10):3049-3059. <https://doi.org/10.1099/mic.0.28764-0>
118. Reeve W.G., Tiwari R.P., Guerreiro N., Stubbs J., Dilworth M.J., Glenn A.R., et al. Probing for pH-regulated proteins in *Sinorhizobium medicae* using proteomic analysis. *Microbial Physiology*. 2004;7(3):140-147. <https://doi.org/10.1159/000078657>
119. Liu, W., Thummasuwan S., Sehgal S.K., Chouvarine P., Peterson D.G. Characterization of the genome of bald cypress. *BMC genomics*. 2011;(12):553. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-553>
120. Plants For A future. *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Vitellaria+paradoxa#:~:text=Prefers%20a%20pH%20in%20the,as%201%2C300%20metres%5B299%20%5D>

About the Author:

Melkamu Terefe Asmare – Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-8535-2800>,
 Corresponding Author, melkamu1122@gmail.com

Об авторе:

Мелкаму Терефе Асмаре – научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-8535-2800>,
 автор для переписки, melkamu1122@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-79-85>
УДК: 634.75-02(571.63)

Т.Н. Чекушкина*,
Е.Н. Барсукова

ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»
692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск,
пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

*Автор для переписки: chekushkina.80@mail.ru

Вклад авторов: Чекушкина Т.Н. – проведение полевой оценки растений земляники, анализ полученных результатов, работа с литературой, подготовка материалов для статьи. Барсукова Е.Н. – анализ литературы и результатов для написания раздела «Обсуждение».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чекушкина Т.Н., Барсукова Е.Н. Оценка качества ягод сортов ремонтантной земляники садовой по товарным и биохимическим показателям в условиях Приморского края. *Овощи России*. 2024;(2):79-85.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-79-85>

Поступила в редакцию: 23.10.2023

Принята к печати: 15.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

Tatiana N. Chekushkina*,
Elena N. Barsukova

Federal State Budget Scientific Institution
“Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki”
30, Volozhenina st., Timiryazevsky stl., Ussuriysk,
Primorsky kray, Russia, 692539

*Correspondence: chekushkina.80@mail.ru

AAuthors' Contribution: Chekushkina T.N. – field evaluation of garden strawberry plants, analysis of the research results, study of literature, and preparation of the materials for the manuscript. Barsukova E.N. – analysis of the literature and results for the writing of the Discussion section.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

For citation: Chekushkina T.N., Barsukova E.N. Evaluating berries of everbearing garden strawberry varieties for product quality and biochemical parameters in the conditions of Primorsky kray. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):79-85. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-79-85>

Received: 23.10.2023

Accepted for publication: 15.01.2024

Published: 25.03.2024

Оценка качества ягод сортов ремонтантной земляники садовой по товарным и биохимическим показателям в условиях Приморского края

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) – широко распространенная ягодная культура, отличающаяся способностью к быстрому вегетативному размножению, скороплодностью, урожайностью, высокой пластичностью. В последнее время набирают популярность ремонтантные сорта земляники садовой благодаря их длительному периоду плодоношения, высокой урожайности и качеству ягод. Ежегодно на российском рынке появляются все новые иностранные сорта. Поэтому изучение зарубежных сортов земляники садовой различного эколого-географического происхождения и выявление адаптивных сортов к агроклиматическим условиям конкретного региона является актуальным. Целью исследования являлось определение основных биохимических и товарных показателей у интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Приморского края и выделение сортов с хозяйственно-ценными характеристиками для дальнейшего использования в селекции и производстве.

Методика исследований. Исследования выполняли в питомнике первичного сортоизучения ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Объекты исследования – пять ремонтантных сортов земляники садовой нейтрального дня зарубежной селекции: Cabrillo (США), Albion (США), Florentina (Нидерланды), Murano (Италия), Bravura (Нидерланды). В качестве контроля использовали сорт Елизавета 2 (Россия), районированный по всем регионам допуска Российской Федерации. Оценивали следующие показатели: урожайность, средняя масса ягод, максимальная масса ягоды, степень крупноплодности, выход товарных ягод, содержание сухого вещества, редуцированных сахаров и витамина С. Накопление в плодах антоцианов определяли с помощью экспресс-оценки по цветной шкале. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999).

Результаты. В результате изучения по основным хозяйственно ценным признакам ремонтантных сортов-интродуцированных земляники садовой нейтрального дня в условиях Приморского края выделены следующие сорта: по продуктивности – сорт Cabrillo (263,3 г/куст, контроль – 82,8 г/куст), по выходу товарных ягод – сорт Murano (81,3%), по крупноплодности – Bravura (15,5 г) и Florentina (15,2). Максимальное содержание сухого вещества накапливали ягоды сорта Albion (9,87%), сахаров – Cabrillo (7,16%), Florentina (7,09%), Albion (7,09%), витамина С – Florentina (60,30 мг/100 г), антоцианов – Murano (50 мг/100 г). Установлено, что наиболее перспективным для выращивания в Приморском крае по комплексу показателей является сорт Murano.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

земляника садовая *Fragaria × ananassa* Duch., сорт, сухое вещество, средняя масса ягод, антоцианы, крупноплодность, витамин С

Evaluating berries of everbearing garden strawberry varieties for product quality and biochemical parameters in the conditions of Primorsky kray

ABSTRACT

Relevance. The garden strawberry (*Fragaria × ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) is a widespread berry crop distinguished by its fast vegetative growth, early bearing age, and high yield and plasticity. Today everbearing (remontant) strawberry varieties gain in popularity due to their long fruiting period, and high yield and berry quality. Annually new foreign varieties appear on the Russian market. For this reason, it is important to study foreign garden strawberry varieties of different ecological and geographical origin and identify those of them that are adaptable to agro-climatic conditions of a given region. The research goal was to determine the biochemical and customer qualities of the garden strawberry varieties introduced in Primorsky kray and to select varieties with economically important traits for further breeding and production.

Research methods. The research was carried out in the nursery of primary variety testing at FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki”. The following garden strawberry varieties of foreign breeding origin were used as the research object: Cabrillo (USA), Albion (USA), Florentina (Netherlands), Murano (Italy), and Bravura (Netherlands). The studied varieties were day-neutral and everbearing. Variety Elizaveta 2 was used as the control (Russian breeding origin; admitted to use in all regions of the Russian Federation). The following parameters were evaluated: total yield, average berry weight, maximum berry weight, berry size, the yield of marketable berries, and the content of dry matter, reduced sugars, and vitamin C. The accumulation of anthocyanins in berries was determined by a rapid assessment using a color scale. Records were made and scientific observations were conducted according to “Program and methods of variety testing of fruit, berry, and nut crops” (1999).

Results. Based on the results of the research on the economically important traits of the everbearing day-neutral strawberry varieties introduced in Primorsky kray, the following varieties were selected: Cabrillo for yield (263.3 g/plant, control – 82.8 g/plant), Murano for the yield of marketable berries (81.3%), and Bravura (15.5 g) and Florentina (15.2 g) for berry size. The highest content of dry matter was accumulated in berries of variety Albion (9.87%). The highest content of reduced sugars was found in varieties Cabrillo (7.16%), Florentina (7.09%), and Albion (7.09%); of vitamin C – in Florentina (60.30 mg/100 g), and of anthocyanins – in Murano (50 mg/100 g). Murano was established to be the most promising variety under the conditions of Primorsky kray for the complex of its traits.

KEYWORDS:

Fragaria ananassa Duch., variety, dry matter, average berry weight, anthocyanins, large fruit size, vitamin C

Введение

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) – это ведущая коммерческая ягодная культура. Она по праву занимает первое место среди ягодных культур, благодаря отменному вкусу, привлекательному внешнему виду и раннему созреванию плодов. Вкусные и ароматные ягоды земляники обладают уникальным комплексом лечебных и диетических свойств, благодаря содержанию ряда незаменимых пищевых веществ, являющихся жизненно необходимыми, и пользуются повышенным спросом покупателей [1]. Ягоды земляники оказывают общеукрепляющее, кроветворное, капилляроукрепляющее, антирадиационное действие на организм человека, способствуют укреплению здоровья [2,3]. За последние годы проведен ряд исследований по выявлению антиоксидантных веществ в землянике. Основные классы соединений, содержащихся в видах земляники садовой (антоцианы и не антоцианиновые фенольные соединения), известны своими антиоксидантными свойствами [4,5,6]. Между разными сортами земляники садовой существуют различия в содержании данных веществ и в проявлении антиоксидантной активности [7].

В результате селекционной работы зарубежных и отечественных ученых создано значительное число сортов земляники садовой, отличающихся по товарным, потребительским, биохимическим, физико-механическим, технологическим показателям. Требования к свежим плодам земляники включают характеристики внешнего вида, вкуса и запаха, окраски, зрелости, размера по наибольшему поперечному диаметру [8]. Наиболее важными показателями биохимического состава ягод земляники являются содержание сухого вещества, сахаров, органических кислот и витамина С, так как они влияют на качество, вкус и биологическую ценность плодов [9,10,11,12,13,14,15,16]. Количество сухих веществ в значительной степени определяется уровнем накопления сахаров, которые составляют большую их часть, сюда же относятся пектиновые вещества и клетчатка [17]. Известно, что биохимический состав ягод зависит не только от генетических особенностей сорта, но и от погодных условий в период формирования урожая и места ее возделывания [18].

Климат Приморского края имеет свои отличительные особенности от других регионов России. Он типично муссонный, характеризуется весенней и раннелетней засухой, летними муссонами, высокой атмосферной влажностью воздуха, малоснежной зимой [19]. Климатические условия оказывают

значительное влияние на рост и развитие растений, их перезимовку, урожайность, распространение болезней и вредителей, а также и на биохимический состав ягод. В этой связи изучение зарубежных ремонтантных сортов земляники садовой различного эколого-географического происхождения на адаптивность к климатическим условиям Приморского края и потребительские качества ягодной продукции является актуальным.

Целью настоящей работы являлось определение основных биохимических и товарных показателей интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Приморского края и выделение сортов с селекционно-ценными характеристиками для включения в селекционный процесс и расширения сортимента в производстве.

Условия проведения опыта

Исследования проводили в полевом питомнике первичного сортоизучения земляники садовой «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», расположенном в пос. Тимирязевском Приморского края.

Почва опытного участка лугово-бурая отбеленная, по механическому составу относится к иловато пылеватым и средним глинам. По данным агрохимической лаборатории «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» содержание в слое 0-20 см составляло: фосфора (P_2O_5) 207 ± 41 мг/кг почвы¹; калия (K_2O) – 231 ± 35 мг/кг почвы¹, азота легкогидролизуемого (Нл.г.) – 141 ± 16 мг/кг², органического вещества $3,53 \pm 0,53\%$ ³; реакция среды pH солевой вытяжки 4,5⁴. Степень обеспеченности питательными веществами была достаточной для возделывания выращиваемых растений земляники садовой.

Участок неорошаемый. Предшественник – люцерна. На участке проведена зяблевая вспашка, весной – три культивации и нарезка гребней агрегатом КОН-2,8. Ширина гребня составляла составляет 70 см, длина – 50 м, расстояние между гребнями – 1 м, расстояние между сортами в ряду – 1 м, расстояние между растениями в ряду – 30 см.

Вручную в гребни вносили внесено органическое удобрение (термически обработанный перегной) из расчета 2,5 кг на погонный метр и 5 л вермикулита вспученного на погонный метр.

Гребни мульчировали укрывали материалом «агротекс мульча 60 спанбонд черного цвета». Посадку опытных растений земляники в гребни провели в мае-июне 2021 года (рис. 3).

При посадке в каждую лунку добавляли 0,5 л 0,2% раствора минерального удобрения диаммифоска (N:P:K 10:26:26).

Агротехника в опыте состояла в удалении сорняков и усов в период вегетации, удалении прошлогодних листьев весной, проведении подкормок (весной после перезимовки и после цветения растения поливали 0,2% раствором диаммифоски, в августе-сентябре – 0,2% раствором монокалийфосфата с микроэлементами из расчета 0,5 л на куст). Обработки против болезней и вредителей пестицидами не проводили с целью отбора устой-

¹ ГОСТ 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. - Введ. 01.01.2013. - М.: Из-во стандартов, 2013. - 8 с.

² Агрохимические методы исследования почв / [З.Г. Ильковская, А.С. Коновалов, В.В. Понаморов и др.]; [Отв. ред. чл.-кор. АН СССР, Объедин. науч. совет «Науч. основы химизации сельск. хоз.-ва», Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Наука, 1978. - 656 с.

³ ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. - Введ. 01.07.93. - М.: Изд-во стандартов, 1992. - 6с.

⁴ ГОСТ 26483-85. Почвы. Определение солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. - Введ. с 01.07.86. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 4 с.

чивых генотипов. На зиму растения укрывали материалом «агротекс 60 спанбонд белого цвета» для предотвращения вымерзания растений при отсутствии снежного покрова.

Земельные угодья района пос. Тимирязевский отнесены к агроклиматическому району с индексом $I_{б2}$. Данный район характеризуется как наиболее теплый: сумма средних суточных температур воздуха выше 10°C составляют $2400-2660^{\circ}\text{C}$ [20,21]. Продолжительность вегетационного периода не превышает 180-190 дней, продолжительность безморозного периода составляет 150-160 дней, продолжительность теплого периода (средние суточные температуры воздуха выше 0°C) равна 215 дней.

Условия Приморского края благоприятны для выращивания земляники в регионе, так как для ее промышленного возделывания требуется сумма активных температур $1600-1800^{\circ}\text{C}$ [22]. Климат в Приморском крае находится под постоянным воздействием зимнего и летнего муссонов. Циклоны и тайфуны вызывают наводнения. Осень – теплая и продолжительная. Первые осенние заморозки начинаются в первой декаде октября. Самые ранние заморозки возможны во второй декаде сентября, самые поздние – во второй и третьих декадах октября [20].

Погодные условия в июне-июле 2022 г., в период массового плодоношения земляники, характеризовались значительным количеством выпавших осадков (117,7 и $214,0$ мм), превысившим среднееголетние значения, соответственно, на 36,7 и $124,0$ мм, высокой влажностью воздуха (85-94%) и температурой $17,7...20,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1, 2).

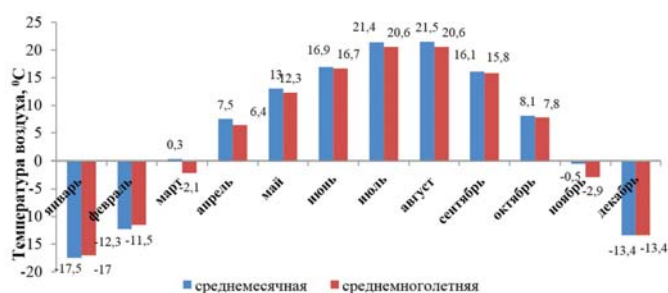


Рис. 1. Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (2022 год)
Fig. 1. Atmospheric temperature, $^{\circ}\text{C}$ (2022)

Температура воздуха в июне была выше среднееголетних значений на $1,80^{\circ}\text{C}$, в июле не отличалась от нормы. Осенние заморозки начались в первой декаде октября.



Рис. 2. Атмосферные осадки, мм (2022 год)
Fig. 2. Precipitation, mm (2022)



Рис.3. Высадка растений земляники садовой в питомник
Fig. 3. Transferring garden strawberry plants to a nursery

Материалы и методы

Объект исследования – пять ремонтантных сортов-интродуцентов земляники садовой нейтрального дня зарубежной селекции: Cabrillo (США), Albion (США), Florentina (Нидерланды), Murano (Италия), Bravura (Нидерланды). В качестве контроля был взят районированный по всем регионам допуска Российской Федерации сорт Елизавета 2 (Россия) [23].

Исследования проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [24].

Согласно схеме опыта растения всех исследуемых сортов высаживали на опытный участок в трехкратной повторности по 25 штук в каждой повторности, при этом опытные делянки размещали рендомизированно.

В соответствии с методикой [24], во время созревания ягод проводили весовой учет урожая, по каждому сбору определяли среднюю массу ягод и оценивали сорта по степени крупноплодности по шкале: 5 – очень крупные ягоды, средняя масса более 12 г; 4 – крупные ягоды от 9 до 12 г; 3 – средние по размеру ягоды от 6 до 9 г; 2 – мелкие ягоды от 3 до 6 г; 1 – очень мелкие ягоды, масса не более 3 г. Определяли также общую урожайность (г/куст), выход товарных ягод (%), биохимические показатели. При каждом сборе отдельно взвешивали здоровые и больные ягоды.

Биохимический состав ягод проводили по основным показателям: сухое вещество⁵, аскорбиновая кислота⁶ и сахара⁷ в лаборатории агрохимического анализа «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Для определения содержания антоцианов в плодах земляники применяли экспресс-оценку с использованием цветной шкалы [25].

Обработку статистических результатов исследований проводили с использованием дисперсионного анализа по «Методике полевого опыта» [26], с помощью компьютерных программ Microsoft и Statistica 6.0

⁵ ГОСТ 33977-2016. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухого вещества. – Введ. с 2018.01.01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

⁶ Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодина, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.; под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – С.216-219.

⁷ ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. – Введ. с 01.01.1989. – М.: Стандартинформ, 2010. – 11 с.

Результаты

В условиях Приморского края в 2022 году плодоношение ремонтантных интродуцированных сортов земляники садовой нейтрального дня началось в первой декаде июня (рис. 4, 5). Вторая волна плодоношения была отмечена с третьей декады июля. Перерыв между волнами плодоношения у растений земляники составил 10 дней. У сорта Florentina второе цветение (третья декада сентября) попало под заморозки, которые повредили цветы и завязи. Растения земляники других сортов закончили вегетацию с недозрелыми плодами. В результате продуктивность растений за вегетацию, в среднем, составила 185,1 г/куст и по сортам варьировала от 82,8 (Елизавета 2 – контроль) до 263,3 г/куст у сорта Cabrillo (табл. 1).

Средняя масса ягод у изученных сортов была от 10,8 до 15,5 г. Все изученные в опыте сорта отнесены к крупноплодным, у контрольного сорта ягоды были крупными (4 балла), у остальных – очень крупными (5 баллов). По степени крупноплодности были выделены сорта Bravura и Florentina, у которых средняя масса ягоды, соответственно, составляла 15,5 и 15,2 г (табл. 1). Самой крупной ягодой отличался сорт Florentina – 26,0 г, в контроле вес самой крупной ягоды составлял 20,1 г.

В большинстве зон ягодоводства России к крупноплодным относят сорта со средней массой ягод 9-12 г и более [24, 27]. По мнению селекционеров СКФНЦБВ (г. Краснодар), масса и размер ягод относятся к важным сор-

товым характеристикам, которые определяет конкурентоспособность ягодной продукции на потребительском рынке [28]. Крупноплодность сортов для южного региона находится в пределах от 20 г и более [29], зарубежные исследователи к крупноплодным также относят сорта со средней массой плода свыше 20 г [30].

При оценке товарных ягод учитывали здоровые ягоды диаметром более 18 мм. По выходу товарных ягод иностранные сорта показали результат ниже, чем контрольный сорт Елизавета 2 (94,3%). Самый низкий выход товарных ягод был у сорта Bravura – 8,9%, самый высокий у сорта Murano – 81,3% (табл. 1).

В муссонном климате Приморского края содержание сахаров в ягодах земляники варьировало незначительно от 6,86 до 7,16% (табл. 2). Проведенный биохимический анализ ягод показал, что максимальное количество сухого вещества было в плодах сорта Albion (9,87%), а минимальное – у сорта Cabrillo (7,75%).

Изменчивость показателя содержания витамина С была средней ($V=10,2\%$). Среди изученных сортов земляники наименьшее количество витамина С накапливали ягоды сорта Murano – 45,00 мг/100 г, а наибольшее – 60,3 мг/100 г сорта Florentina. Однако достоверных различий между сортами по данному показателю не выявлено.

Ярко-красный цвет плодов земляники, связанный с накоплением антоцианов, служит одним из самых привлекательных свойств и первоначальным отличительным фак-



Рис.4. Наблюдение за плодоношением сортов земляники садовой
Fig. 4. Observing the fruiting of garden strawberry varieties

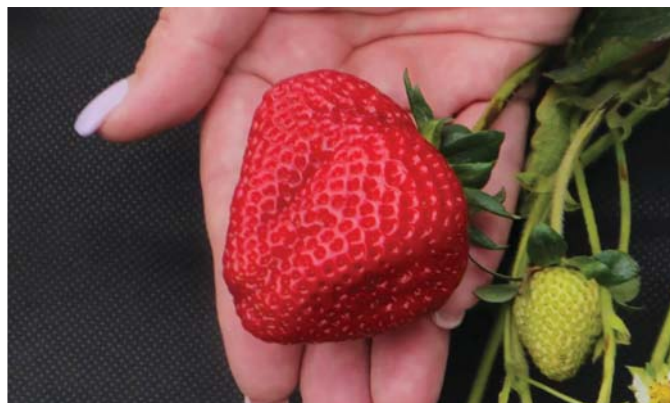


Рис.5. Ягода земляники сорта Cabrillo
Fig. 5. Berries of garden strawberry variety Cabrillo

Таблица 1. Продуктивность растений, товарные и потребительские качества ягод земляники в условиях Приморского края (2022 год)
Table 1. Yield, tradability and product quality of the garden strawberry under the conditions of Primorsky kraj (2022)

Сорт	Продуктивность, г/куст	Средняя масса ягод, г	Степень крупноплодности, балл	Максимальная масса ягоды, г	Выход товарных ягод, %
Елизавета 2 (контроль)	82,8±10,8	10,8±0,55	4	20,1	94,3
Albion	215,5±42,8a	12,4±2,25	5	22,3	46,1
Cabrillo	263,3±41,9a	12,6±0,99	5	21,3	56,2
Florentina	191,6±55,9a	15,2a ±0,68	5	26,0a	69,7
Murano	240,8±54,7a	13,1±0,95	5	23,2	81,3
Bravura	98,2±14,7	15,5a ±1,98	5	23,8	8,9
$\bar{x} \pm S^{\sim} x$	181,5±34,3	13,3±1,15	4,8±0,17	22,8±0,84	59,4±12,3
HCP ₀₅	106,8	3,58	-	0,3	-

Примечание: а различия достоверны при $p < 0, 05$ в соответствии с контролем
Note: a differences are significant at $p < 0, 05$ compared to the control

тором для потребителей при оценке качества. Различия сортов по накоплению антоцианов позволяют в каждой зоне плодородия выделять наиболее ценные по данному признаку формы для потребления в свежем виде и переработки. Наибольшее суммарное содержание антоцианов в плодах сортов земляники более 100 мг/100 г, однако уже созданы гибриды с содержанием более 200 мг/100 г [26, 27].

Применение в наших исследованиях экспресс-оценки содержания антоцианов по цветной шкале позволило визуально определить накопление антоцианов у испытуемых образцов (табл. 2). Исследование показало, что зарубежные сорта и контроль характеризовались низким содержанием антоцианов, наблюдалось высокое варьирование показателя (коэффициент вариации 30,5%) от 22,0 до 50,0 мг/100 г. Наибольшее содержание антоцианов в плодах отмечено у сорта Murano – 50 мг/100 г, контроль сорта Елизавета 2 – 22,0 мг/100 г (табл. 2).

крае на опытном участке при изучении сортов земляники использовали технологию с капельным поливом и фертигацией [34].

Биохимические показатели сорта Albion в условиях Крыма по содержанию сахаров, витамина С и сухого вещества превосходили аналогичные показатели этого сорта при выращивании в Приморском крае [10]. Сорт Florentina в условиях Северо-Западного региона РФ накапливал меньше витамина С (33,95 мг/100 г) и сахаров (3,25%) [18] по сравнению с полученными нами результатами – 60,3 мг/100 г и 7,09%, соответственно. При этом средняя масса ягоды у сорта Florentina была 6,3 г, максимальная – 12,6 г [18], в условиях Приморского края значения этих показателей были значительно выше – 15,2 г и 26,0 г, соответственно.

Проведенные исследования показали, что урожайность сортов ремонтантной земляники нейтрального дня в 2022 году условиях Приморского края была невысокой и в сред-

Таблица 2. Биохимический состав ягод (2022 год)
Table 2. Biochemical composition of berries (2022)

Вариант	Сухое вещество, %	Редуцированные сахара, %	Витамин С мг/100 г	Содержание антоцианов, мг/100 г
Елизавета 2 (контроль)	9,62	6,86	54,00	22,0
Albion	9,87	7,09	49,50	22,0
Cabrillo	7,75	7,16	49,50	26,0
Florentina	9,20	7,09	60,30	45,0
Murano	8,44	6,93	45,00	50,0a
Bravura	9,49	6,78	49,50	26,0
$\bar{x} \pm S \bar{x}$	9,1 $\pm$ 0,33	6,99 $\pm$ 0,06	51,3 $\pm$ 2,14	31,8 $\pm$ 5,0
V, %	8,9	2,1	10,2	38,5
HCP 05	1,62	0,3	10,5	24,8

Примечание: а различия достоверны при $p < 0.05$ в соответствии с контролем
Note: a differences are significant at $p < 0,05$ compared to the control

Обсуждение

Проявляющийся интерес в последние годы к ремонтантным сортам земляники способствует интродукции новых сортов иностранной селекции в различные регионы России. Зачастую товаропроизводители для посадки используют зарубежные сорта, которые не изучены в агроклиматических условиях регионов России и не допущены к возделыванию на территории нашей страны [33]. Поэтому такие сорта требуют тщательной комплексной агробиологической и хозяйственной проверки на пригодность использования в природно-климатических условиях конкретного региона [18].

Проведенные исследования показали, что урожайность сортов ремонтантной земляники нейтрального дня в 2022 году в условиях Приморского края была невысокой и в среднем составляла 181,5 г/куст. По данным О.А. Гореликовой, урожайность сорта Елизавета 2 в условиях Краснодарского края варьировала от 611,6 до 707,7 г/куст [34], а в наших условиях составляла 82,8 г/куст. Возможно, это объясняется более коротким периодом вегетации растений земляники в нашем регионе по сравнению с южными регионами России. Из-за раннего наступления заморозков значительная часть ягод второй волны плодоношения не успевает созреть, что приводит к недобору урожая. Также могут влиять различия в применяемой агротехнике возделывания. В Краснодарском

крае составляла 181,5 г/куст. По данным О.А. Гореликовой, урожайность сорта Елизавета 2 в условиях Краснодарского края варьировала от 611,6 до 707,7 г/куст [34], а в наших условиях составляла 82,8 г/куст. Возможно, это объясняется более коротким периодом вегетации растений земляники в нашем регионе по сравнению с южными регионами России. Из-за раннего наступления заморозков значительная часть ягод второй волны плодоношения не успевает созреть, что приводит к недобору урожая. Также могут влиять различия в применяемой агротехнике возделывания. В Краснодарском

крае составляла 181,5 г/куст. По данным О.А. Гореликовой, урожайность сорта Елизавета 2 в условиях Краснодарского края варьировала от 611,6 до 707,7 г/куст [34], а в наших условиях составляла 82,8 г/куст. Возможно, это объясняется более коротким периодом вегетации растений земляники в нашем регионе по сравнению с южными регионами России. Из-за раннего наступления заморозков значительная часть ягод второй волны плодоношения не успевает созреть, что приводит к недобору урожая. Также могут влиять различия в применяемой агротехнике возделывания. В Краснодарском

Заключение

Предварительные результаты оценки сортов ремонтантной земляники садовой в условиях Приморского края показали, что урожайность ремонтантных сортов-интродуцентов земляники садовой нейтрального дня варьировала от 98,2 до 263,3 г/куст, у контроля сорта Елизавета 2 – 82,8 г/куст. Зарубежные сорта характеризовались низким выходом товарных ягод – 8,9-81,3%. Наибольший выход товарных ягод отмечен у сорта Murano – 81,3% (в контроле – 94,3%).

Полевая оценка показала, что изученные сорта являются крупноплодными, средняя масса ягод составляла 12,4-15,5 г. Высокой крупноплодностью (5 баллов) отличались плоды сортов Bravura и Florentina, у которых средний вес ягоды был 15,5 и 15,2 г, соответственно. Самой крупной ягодой 26 г отличался сорт Florentina.

Максимальное содержание сухого вещества накапливали ягоды сорта Albion – 9,87%, (Елизавета 2 – 9,62%). Повышенным содержанием сахаров характеризовались плоды сортов: Cabrillo (7,16%), Florentina (7,09%), Albion (7,09%), в контроле – 6,86%. По содержанию витамина С в плодах выделились сорт Florentina – 60,30, Елизавета 2 – 54,00 мг/100 г.

Применение визуальной экспресс-оценки накопления антоцианов у изученных сортов ремонтантной земляники показало, что наибольшее их количество содержится в ягодах сорта Murano – 50 мг/100 г.

По комплексу показателей (продуктивность, выход товарной продукции, товарные, биохимические показатели) в условиях Приморского края выделился сорт Мурано.

Литература

1. Причко Т.Г., Яковенко В.В., Германова М.Г. Сортные различия химического состава ягод земляники Краснодарского края. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2011;(27):209-219. EDN NXNUDR.
2. Зубкова М.И. К вопросу о достижениях в селекции земляники. *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2016;3(2):19-23. EDN XSBMMN.
3. Акимов М.Ю., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор). *Химия растительного сырья*. 2020;(1):5–18. <https://doi.org/10.14258/jcpm.2020015511>. EDN IWNOKN.
4. Braga A.R.C., Murador D.C., de Souza Mesquita L.M., Rosso V.V. Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. *J. Food Compos. Anal.* 2018;68:31–40. doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.031
5. Nowicka A., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria × ananassa* Duch. *Food Chem.* 2019;270:32-46. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.015.
6. Sinopoli A., Calogero G., Bartolotta A. Computational aspects of anthocyanins and anthocyanins: A review. *Food Chem.* 2019;297:124898. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.05.172.
7. Стрюкова А.Д., Макарова Н.В., Антипенко М.И. Влияние сорта земляники садовой на ее антиоксидантную активность. *Пищевая промышленность*. 2012;(12):58-60. EDN PMFWLJ.
8. Марченко Л.А. Признаки качества плодов земляники садовой и селекция на их улучшение. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022;52(5):24-31. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-5-3. EDN RPTRCQ.
9. Макарина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области. *Современное садоводство*. 2017;2(22):10-16. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00021. EDN URNGPI.
10. Арифова З.И., Смыков А.В. Взаимосвязь химического состава и вкусовых качеств ягод земляники. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2021;(140):52-59. DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-52-59. EDN AWXKQZ.
11. Dodayev Q.O., Niyozov X.N., Miralimov M., Yusupov N.O'. Biochemical Composition of Strawberries in IQF Process. *Web of Synergy: International Interdisciplinary*. 2023;2(5):391-393. <https://univerpubl.com/index.php/synergy>.
12. Айтжанова С.Д., Андронина Н.В., Никулин А.Ф. Оценка исходных форм земляники садовой по биохимическим и товарным показателям ягод. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013;(1):18-21. EDN TGZMVB.
13. Zhanova E.V., Luk'yanchuk I.V., Guryanova Yu.V., Lyzhin A.S., Kruglov N.M. Evaluation of garden strawberry varieties against biochemical parameters and genetic aroma determinants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(845):012007. DOI: 10.1088/1755-1315/845/1/012007. EDN HVDXEG.
14. Luk'yanchuk I.V., Zhanova E.V., Lyzhin A.S. Determining consumer appeal of selected garden strawberry varieties (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(4):228-241. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-228-241. EDN ORPCKH.
15. Козлова И.И., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(2):45-49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211. EDN ZBALTF.
16. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В. Вариативность химического состава плодов отборных гибридных форм земляники. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2021;(64):46-53. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-64-46-53>. EDN AJUBRG.
17. Розмыслова А.Г., Подорожный В.Н. Биохимическая оценка плодов садовой земляники коллекции Крымской ОСС. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2013;37(1):271-285. EDN QZYLZD.
18. Логинова С.Ф. Комплексная оценка ремонтантных сортов земляники в Северо-Западном регионе РФ. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018;(53):60-65. DOI 10.24411/2078-1318-2018-14060. EDN YUOEfv.
19. Зубкова М.И., Князев С.Д., Евтихова И.Е. Особенности прохождения фенологических фаз интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Орловской области. *Овощи России*. 2021;(1):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-63-68>. EDN NRLLZP.
20. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений: официальное изд. М.: Росинформагротех, 2023. 631 с.
21. Царенко В.П., Царенко Н.А. Дикорастущие косточковые плодовые растения Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 2007. 301 с. ISBN 978-5-8044-0799-6. EDN KQKMLT.
22. Зубкова М.И., Князев С.Д., Евтихова И.Е. Особенности прохождения фенологических фаз интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Орловской области. *Овощи России*. 2021;(1):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-63-68>. EDN NRLLZP.
23. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. Сорта растений: официальное изд. М.: Росинформагротех, 2023. 631 с.
24. Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Земляника, клубника, земклуника. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСП, 1999. С. 416-443. EDN YHAOZT.
25. Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Оценка содержания антоцианов в плодах земляники в полевых условиях. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021;67(1):66-90. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-66-90. EDN INURWY.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., пераб. и доп. Стереотип. изд. М.: Альянс; 2014. 351 с.
27. Куликов И.М., Айтжанова С.Д., Андронина Н.В., Борисова А.А., Тумаева Т.А. Модель промышленного сорта земляники для условий средней полосы России. *Садоводство и виноградарство*. 2020;(3):5-10. DOI 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10. EDN DRESNX.
28. Причко Т.Г., Германова М.Г., Смелик Т.Л. Товарные качества и химический состав ягод земляники селекции СКФНЦСВВ. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019;58(4):104-113. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-4-58-104-113. EDN YUSPIO.
29. Яковенко В.В., Лапшин В.И. Результаты оценки продуктивности и качества плодов земляники в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края. *Садоводство и виноградарство*. 2019;(2):40-45. DOI 10.31676/0235-2591-2019-2-40-45. EDN UUKYQ.
30. Soares dos Santos M.F., Fagherazzi A.F., Martins de Lima J., Costa B.M., Nerbass F.R., Kretschmar A.A., Rufato L. Agronomic performance of new strawberry cultivars in southern Brazil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 2021;20(2):149–158. DOI:10.5965/223811712022021149.
31. Лукьянчук И.В., Пак Н.А. Закономерности наследования антоцианов в гибридном потомстве земляники. *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*. 2015;(11-3):53-54. EDN UUXGWN.
32. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В. Характеристика генетической коллекции сортов земляники (*Fragaria × ananassa* Duch.) по компонентам антиоксидантного комплекса плодов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(2):32-42. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-32-42. EDN YWBTLZ.

33. Киртаева Т.Н., Анисимова Е.В. Особенности технологии возделывания земляники садовой в крестьянско-фермерских хозяйствах приморского края. *Аграрный вестник Приморья*. 2018;3(11):28-30. EDN XWOHUL.
34. Гореликова О.А. Оценка продуктивности перспективных сортов садовой земляники нейтрального дня для товарного производства интенсивного типа на юге России. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2016;38(2):162-170. EDN VPGDVD.

References

1. Prichko T.G., Yakovenko V.V., Germanova M.G. Varietal differences in the chemical composition of the garden strawberry in Krasnodarsky kray. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2011;27:209-219. EDN: NXNUDR. (In Russ.)
2. Zubkova M.I. Approaching to the point of successes in strawberry breeding. *Breeding and cultivation of varieties horticultural crops*. 2016;3(2):19-23. EDN XSBMMN. (In Russ.)
3. Akimov M.Yu., Luk'yanchuk I.V., Zhananova E.V., Lyzhin A.S. Strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) as a valuable source of nutritional and biologically active substances (review). *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2020;(1):5-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprn.2020015511>. EDN IWNOKH.
4. Braga A.R.C., Murador D.C., de Souza Mesquita L.M., Rosso V.V. Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. *J. Food Compos. Anal.* 2018;68:31-40. doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.031
5. Nowicka A., Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Fecka I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria* × *ananassa* Duch. *Food Chem.* 2019;270:32-46. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.015.
6. Sinopoli A., Calogero G., Bartolotta A. Computational aspects of anthocyanidins and anthocyanins: A review. *Food Chem.* 2019;297:124898. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.05.172.
7. Stryukova A.D., Makarova N.V., Antipenko M.I. Effect of strawberry varieties to its antioxidant activity. *Food Industry*. 2012;(12):58-60. EDN PMFWLJ. (In Russ.)
8. Marchenko L.A. Quality attributes of garden strawberry fruits and breeding for their improvement. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(5):24-31. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-5-3. EDN RPTRCQ. (In Russ.)
9. Makarkina M.A., Pavel A.R. Biologically active substances in strawberry berries grown in Orel region. *Contemporary horticulture*. 2017;2(22):10-16. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00021. EDN URNGPI. (In Russ.)
10. Arifova Z.I., Smykov A.V. The relationship between the chemical composition and taste of strawberries. *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.* 2021;(140):52-59. DOI 10.36305/0513-1634-2021-140-52-59. EDN AWXKQZ. (In Russ.)
11. Dodayev Q.O., Niyozov X.N., Miralimov M., Yusupov N.O'. Biochemical Composition of Strawberries in IQF Process. *Web of Synergy: International Interdisciplinary*. 2023;2(5):391-393. <https://univerpubl.com/index.php/synergy>.
12. Aitzhanova S.D., Andronova N.V., Nikulin A.F. Evaluating the starting forms of the garden strawberry for the biochemical parameters and tradability of berries. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2013;(1):18-21. EDN TGZMVB. (In Russ.)
13. Zhananova E.V., Luk'yanchuk I.V., Guryanova Yu.V., Lyzhin A.S., Kruglov N.M. Evaluation of garden strawberry varieties against biochemical parameters and genetic aroma determinants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;845:012007. doi:10.1088/1755-1315/845/1/012007. EDN HVDXEG.
14. Luk'yanchuk I.V., Zhananova E.V., Lyzhin A.S. Determining consumer appeal of selected garden strawberry varieties (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(4):228-241. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-228-241. EDN ORPCKH.
15. Kozlova I.I., Luk'yanchuk I.V., Zhananova E.V. Assortment and Production Technology of High-Quality Strawberry. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2019;33 (2):45-49. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211. EDN ZBALTF.
16. Zhananova E.V., Luk'yanchuk I.V. Variability of the chemical composition

- of fruits of strawberry selected hybrid forms. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2021;(64):46-53. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-64-46-53>. EDN AJUBRG.
17. Rozmyslova A.G., Podorozhnyi V.N. Biochemical evaluation of fruits of the garden strawberry from the collection of the Crimean research breeding station. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2013;37(1):271-285. EDN QZYLZD. (In Russ.)
18. Loginova S.F. Complex evaluation of garden strawberry varieties in the Northwestern region of the Russian Federation. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018;(53):60-65. DOI 10.24411/2078-1318-2018-14060. EDN YUOEFEV. (In Russ.)
19. Gorokhova S. Some features of formation a mesoclimate in the South Primorsky region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012;14(1-6):1441-1444. EDN RBVQPT. (In Russ.)
20. Agro-climatic resources of Primorsky kray. L.: Gidrometizdat; 1973. 148 p. (In Russ.)
21. Tsarenko V.P., Tsarenko N.A. Natural drupaceous fruit plants of the Russian Far East. Vladivostok: Dalnauka. 2007. 301 p. ISBN 978-5-8044-0799-6. EDN QKQMLT. (In Russ.)
22. Zubkova M.I., Knyazev S.D., Evtkhova I.E. Features of the phenological phases of introduced strawberry cultivars in the conditions of the Orel region. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):63-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-63-68>. EDN NRLLZP.
23. State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1 "Plant varieties" (official publication). M.: Rosinformagrotech; 2023. (In Russ.)
24. Shokaeva D.V., Zubov A.A. Strawberries, strawberries, earthlings. Program and methodology for studying varieties of fruit, berry, and nut crops. Sedov E.N., Ogol'tsova T.P., (Eds.). Orel: VNIISPK; 1999. P. 416-443. EDN YHAOZT. (In Russ.)
25. Luk'yanchuk I.V., Zhananova Ye.V. Estimation of anthocyanin content in the strawberry fruits under field conditions. *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. 2021;67(1):66-90. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-66-90. EDN INURWY. (In Russ.)
26. Dospekhov B.A. Methodology of field experiments (with the basics of the statistical processing of research results). 5th ed. M.: AI'yans. 2014. (In Russ.)
27. Kulikov I.M., Aytzhanova S.D., Andronova N.V., Borisova A.A., Tumaeva T.A. A model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia. *Horticulture and viticulture*. 2020;(3):5-10. DOI 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10. EDN DRESNX. (In Russ.)
28. Prichko T.G., Germanova M.G., Smelik T.L. Commercial quality and chemical composition of strawberry of NCFSCHEV breeding. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2019;58(4):104-113. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-4-58-104-113. EDN YUSPIO. (In Russ.)
29. Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Estimation results of strawberry productivity and fruit quality under the conditions of the Kuban zone of Krasnodar territory. *Horticulture and viticulture*. 2019;(2):40-45. 2019;(2):40-45. DOI 10.31676/0235-2591-2019-2-40-45. EDN UUKYQY. (In Russ.)
30. Soares dos Santos M.F., Fagherazzi A.F., Martins de Lima J., Costa B.M., Nerbass F.R., Kretschmar A.A., Rufato L. Agronomic performance of new strawberry cultivars in southern Brazil. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 2021;20(2):149-158. DOI:10.5965/223811712022021149.
31. Luk'yanchuk I.V., Pak N.A. Anthocyan heritability order in hybrid progeny of strawberry. *Fundamental and applied research in the modern world*. 2015;(11-3):53-54. EDN UUXGWN. (In Russ.)
32. Zhananova E.V., Luk'yanchuk I.V. Description of the genetic collection of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivars according to the components of their fruit antioxidant complex. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(2):32-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-2-32-42>. EDN YWBTZL. (In Russ.)
33. Kirtaeva T.N., Anisimova E.V. Features of technology of cultivation of wild strawberry garden in country farms of the Primorye Territory. *Agrarian newsletter of Primoriye*. 2018;3(11):28-30. EDN XWOHUL. (In Russ.)
34. Gorelikova O.A. Productivity evaluation of promising varieties of day-neutral strawberry for commodity intensive type production in the south of Russia. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2016;38(2):162-170. EDN VPGDVD. (In Russ.)

Об авторах:

Татьяна Николаевна Чекушкина – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии, <https://orcid.org/0000-0002-3334-1413>, SPIN-код: 2755-8181, автор для переписки, chekushkina.80@mail.ru

Елена Николаевна Барсукова – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии, <https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>, SPIN-код: 3825-2003, enbar9@yandex.ru

About the Authors:

Tatiana N. Chekushkina – Post-Graduate Student, Junior Researcher, Laboratory of Agricultural Biotechnology, <https://orcid.org/0000-0002-3334-1413>, Correspondence Author, chekushkina.80@mail.ru

Elena N. Barsukova – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Laboratory of Agricultural Biotechnology, <https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>, enbar9@yandex.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-86-93>
УДК: 634.8:631.526.32(470.67)

Б.А. Фейзуллаев*

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»
Россия, Республика Дагестан, г. Дербент

*Автор для переписки: karaev1955@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фейзуллаев Б.А. Изучение и оценка агробиологических показателей сортов и гибридных форм винограда в условиях Южного Дагестана. *Овощи России*. 2024;(2):86-93.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-86-93>

Поступила в редакцию: 08.10.2023

Принята к печати: 26.02.2024

Опубликована: 25.03.2024

Beypulat A. Feyzullaev*

Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking"
Derbent, Republic of Dagestan, Russia

*Correspondence: karaev1955@mail.ru

Conflict of interest: The author declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

For citation: Feyzullaev B.A. Study and evaluation of agrobiological indicators of grape varieties and hybrid forms in the conditions of Southern Dagestan. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):86-93. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-86-93>

Received: 23.10.2023

Accepted for publication: 15.01.2024

Published: 25.03.2024

Изучение и оценка агробиологических показателей сортов и гибридных форм винограда в условиях Южного Дагестана

РЕЗЮМЕ

В статье изложены результаты многолетних исследований по изучению генетического фонда винограда сосредоточенного в ампелографической коллекции Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства. Селекция и сортоизучение винограда играют основную роль при ускоренном продвижении на рынок и внедрении в промышленное производство перспективных сортов различного направления использования, что очень актуально в наше время. Проведено комплексное изучение 104 сортов и гибридных форм винограда внутривидового и межвидового происхождения.

Цель исследования – агробиологическая оценка перспективных сортов и гибридных форм винограда межвидового и внутривидового происхождения различного направления использования.

Методы. Исследования проводили на ампелографической коллекции Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства, расположенной в г. Дербент. Объектом исследований служили 104 сорта и гибридных форм винограда отечественной и зарубежной селекции. Из них 30 сортов столового направления, 70 технических и 4 сорта универсальных. В качестве стандарта использовали районированные сорта Карабурну (столовый) и Мускат белый (технический). Исследования проводили по методикам: «Изучение сортов винограда» и «Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе».

Результаты. В статье представлены результаты оценки показателей плодоношения и плодородности сортов и гибридных форм винограда межвидового и внутривидового происхождения. По показателям плодоношения (K_1) и плодородности (K_2) среди столовых сортов и гибридных форм выделены: СВ-23-657, СВ-12-304, Декабрьский, Яловенский устойчивый, V-95-1, XI-36-6/100 у которых K_1 составил 0,94-1,33 и K_2 - 1,17-1,51. Из технических сортов и гибридных форм по этим показателям выделены: Бианка, Виорика, Подарок Магарача, Юбилейный Магарача, Первенец Магарача у которых K_1 составил от 1,17-1,50 и K_2 от 1,34-1,60. У большинства сортов и гибридных форм коэффициент плодоношения (K_1) варьирует в пределах от 0,67 до 1,30, а коэффициент плодородности (K_2) в пределах от 1,03 до 1,42. У универсальных сортов коэффициент плодородности (K_1) колеблется в пределах 0,70-1,02 и коэффициент плодородности колеблется в пределах 0,96-1,31. По урожайности из столовых сортов выделяются межвидовые гибриды: Декабрьский, СВ-12-304, СВ-20-365, СВ-23-657, XI-36-6/100 у которых урожай с куста варьирует в пределах от 11,2 до 19,5 кг/куст. Из технических сортов по урожайности с куста выделяются: ТСКХА-3-2, Пьеррель, Бианка, СВ-20-473, Строгозия, Подарок Магарача, СВ-12-375, у которых урожай с куста составил 12,4-22,2 кг.

Заключение. Внедрение в производство выделенных сортов и гибридов обеспечит повышение урожайности насаждений и будут способствовать импортозамещению и обеспечению продовольственной безопасности страны. Отдельные сорта будут использованы как источники ценных признаков в селекционной работе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

виноград, сорт, коэффициент плодоношения, коэффициент плодородности, гибридные формы

Study and evaluation of agrobiological indicators of grape varieties and hybrid forms in the conditions of Southern Dagestan

ABSTRACT

The article presents the results of many years of research on the study of the genetic fund of grapes concentrated in the ampelographic collection of the Dagestan selection experimental station for viticulture and vegetable growing. Selection and variety study of grapes play a major role in the accelerated promotion to the market and the introduction into industrial production of promising varieties for various uses, which is very important in our time. A comprehensive study of 104 varieties and hybrid forms of grapes of intraspecific and interspecific origin was carried out. The purpose of the study is an agrobiological assessment of promising varieties and hybrid forms of grapes of interspecific and intraspecific origin for various uses.

Methods. The research was carried out at the ampelographic collection of the Dagestan selection experimental station for viticulture and vegetable growing, located in Derbent. The object of research was 104 varieties and hybrid forms of grapes of domestic and foreign selection. Of these, 30 table varieties, 70 technical varieties and 4 universal varieties. The zoned varieties Karaburnu (table) and Muscat white (technical) were used as a standard. The research was carried out according to the following methods: "Study of grape varieties" and "Agrotechnical research on the creation of intensive grape plantings on an industrial basis".

Results. The article presents the results of assessing the indicators of fruiting and fruitfulness of varieties and hybrid forms of grapes of interspecific and intraspecific origin. According to the indicators of fruiting (K_1) and fruitfulness (K_2) among table varieties and hybrid forms, the following are distinguished: SV-23-657, SV-12-304, Dekabrsky, Ialoveni sustainable, V-95-1, XI-36-6/100 of which K_1 ranged from 0.94 to 1.33 and K_2 from 1.17 to 1.51. Among the technical varieties and hybrid forms based on these indicators, the following were distinguished: Bianca, Viorka, Gift of Magaracha, Yubileiny Magaracha, Pervenets Magaracha, in which K_1 ranged from 1.17-1.50 and K_2 from 1.34-1.60. For most varieties and hybrid forms, the fruiting coefficient (K_1) varies from 0.67 to 1.30, and the fruiting coefficient (K_2) ranges from 1.03 to 1.42. In universal varieties, the fruiting coefficient (K_1) ranges from 0.70-1.02 and the fruiting coefficient ranges from 0.96-1.31. According to the yield of table varieties, interspecific hybrids are distinguished: Dekabrsky, SV-12-304, SV-20-365, SV-23-657, XI-36-6/100 in which the yield per bush varies from 11.2 to 19.5 kg/bush. Among the technical varieties in terms of yield per bush, the following stand out: TSKHA-3-2, Pierrel, Bianca, SV-20-473, Strogoziya, Podarok Magaracha, SV-12-375, for which the yield per bush was 12.4-22.2 kg.

Conclusion. The introduction of selected varieties and hybrids into production will ensure an increase in crop yields and will contribute to import substitution and ensure the country's food security. Individual varieties will be used as sources of valuable traits in breeding work.

KEYWORDS:

grapes, variety, fruiting coefficient, fertility coefficient, hybrid forms



Введение

В условиях сложившихся рыночных отношений виноградарство в первую очередь должно быть ориентировано на устойчивое производство винограда для промышленной переработки и потребления в свежем виде [1-3]. При этом производимая продукция должна обладать высокой конкурентоспособностью на потребительском рынке как за счет экономии энергозатрат, так и в результате улучшения качественных параметров получаемой продукции.

В связи с этим, при решении проблемы повышения эффективности отрасли виноградарства, существенно возрастает роль сорта. Известно, что производственные параметры винограда значительно различаются в зависимости от сорта и сезона. По мнению многих ученых, основой стандартного сортимента современных промышленных виноградников должны стать сорта винограда интенсивного типа – пластичные, высокопродуктивные и качественные, отзывчивые на улучшение условий выращивания [4-8].

К настоящему времени отечественными и зарубежными селекционерами выведена большая группа новых высокопродуктивных сортов винограда, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды [8-14].

Однако их производственное использование сдерживается из-за недостаточной изученности агробиологических и технологических свойств в условиях Республики Дагестан и отсутствия сведений по качественным характеристикам продуктов переработки. Кроме того, для этих сортов не установлены оптимальные параметры сортовой агротехники и, следовательно, отсутствует возможность их эффективного возделывания [12-16]. Поэтому проведение комплексной оценки перспективных сортов винограда является важным направлением исследований. Появилась объективная необходимость в расширении производственных площадей под культурой винограда. В первую очередь это обусловлено тем, что природный почвенно-климатический потенциал Республики Дагестан позволяет выращивать виноград в достаточно широком ассортименте как традиционные, так и новые сорта винограда с высокими качественными показателями. Живые растительные коллекции являются основной базой для аккумуляции генофонда, его изучения и вовлечения в селекционный процесс, создание новых и выделение наиболее ценных сортов для использования в народном хозяйстве. Выявление и активное вовлечение видового разнообразия винограда в народное хозяйство опирается на широкие научные исследования биологических и хозяйственно-ценных признаков сортов и форм винограда.

Следовательно, изучение и оценка сортов винограда, позволит установить наиболее перспективные и рекомендовать их к возделыванию на виноградниках Республики Дагестан, что в конечном итоге будет способствовать повышению эффективности отрасли.

Целью наших исследований являлась агробиологическая оценка сортов и гибридных форм винограда ампелографической коллекции ДСОСВиО.

В задачи исследований входило изучение основных показателей плодоношения и продуктивности сортов и гибридных форм винограда различных по эколого-гео-

графическому происхождению и технологической направленности использования.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2010-2020 годах на ампелографической коллекции ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства» – филиал ФГБНУ "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия" (г. Дербент).

Объектами исследований служили 104 сорта винограда межвидового и внутривидового происхождения, интродуцированные из регионов России и из стран ближнего и дальнего зарубежья.

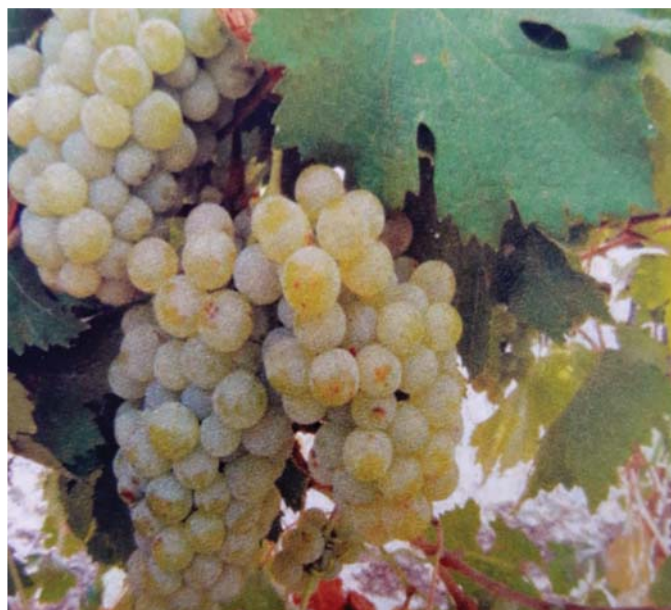
Почвы опытного участка светло-каштановые, карбонатные, по гранулометрическому составу среднесуглинистые, измененные длительным искусственным орошением, бесструктурные. Легко заплывающие, с глубоким залеганием грунтовых вод, ниже 200 см.

Почвы практически незасоленные. Подстилающие породы не плотные и не препятствуют свободному проникновению корневой системы винограда. Мощность пахотного слоя колеблется от 50 до 77 см.

Реакция почвенной среды щелочная (pH=7,6-7,9). Содержание общих карбонатов в породах составляет



Виноград, сорт Молдова
Cv. Moldova



Виноград, сорт Хатми
Cv. Khatmi

12,3-45,0%, а подвижной извести 0,5-3,5%.

Гумусированность почв очень низкая – 1,1-1,8%. Обеспеченность почв подвижным фосфором низкая и средняя в плантажном слое (3,5-5,4 мг на 100 г почвы) и очень низкая в переходном горизонте "BC" (0,4-1,8 мг). Обеспеченность почв обменным калием средняя в плантажном слое (43,0-51,0 мг) и низкая в переходном горизонте "BC" (37,0-40,0 мг).

Виноградники корнесобственные, орошаемые. Посадки 2002 года. Схема посадки 3,0×4,15 м. Посадку проводили под гидробур однолетними корнесобственными саженцами.

Агротехника, уход за растениями и система защиты растений общепринятые. Уход осуществляли согласно календарному плану и проводили обрезку, подвязку, подкормку, обработку препаратами от болезней и вредителей. Давали один влагозарядковый и два вегетационных полива по бороздам. Форма куста высокоштамбовый горизонтальный кордон. Первую обломку проводили при появлении 3-4 настоящих листьев. Удаляли зеленые побеги, развивающиеся на многолетних частях куста. Чеканку проводили в третьей декаде июля и в начале августа. В фенофазу 5-6 листьев проводили профилактическую обработку против оидиума, клещей и трипса (сера 400 – 10 кг/га; Акардо, ККР – 0,8 г/л). Перед цветением для профилактики против милдью проводили обработку медьсодержащими препаратами (Метамил, МЦ (5 г/л), Абига-Пик (5 г/л), Ордан (2,5 г/л). После цветения обрабатывали препаратами Медея (2,4 г/л), Строби (0,2 г/л). Против листовертки применяли препарат Твинго (2,4 г/л) и Юнона (0,8 г/л). В целях профилактики с милдью проводили обработку кустов медьсодержащими препаратами (Кумир (4 мл/л), Абига-Пик (5 г/л), Ордан (2,5 г/л), а после цветения препаратом Строби (0,2 г/л).

Абсолютный годовой минимум температуры воздуха достигает минус 14,3°C. Средняя продолжительность безморозного периода 248 дней. Высокая теплообеспеченность ($\geq 4100^\circ\text{C}$) и теплая продолжительная осень позволяют выращивать здесь высококачественный столовый виноград всех сроков созревания без укрытия кустов на зиму.

В работе использованы методики: «Методы ботанического описания и агробиологического изучения сортов винограда» [17]; «Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе» [1] и др. [18,19].

Согласно схеме опыта растения исследуемых сортов винограда высаживали на опытный участок по 10 кустов каждого сорта, где каждое растение – повторность.

В соответствии с методикой, предложенной М.Л. Лазаревским [17], нагрузку кустов глазками, количество развившихся побегов, в т.ч. плодоносных, коэффициенты плодоношения и плодоносности определяли по результатам агробиологических учетов, которые проводились в период, когда обособились соцветия. Коэффициент плодоношения (K_1) определяли делением общего количества соцветий на кусте на количество развившихся побегов, а коэффициент плодоносности (K_2) – делением количества соцветий на число плодоносных побегов на кусте. Урожайность определяли в период сбора урожая. Путем умножения средней

массы грозди на число гроздей определяли урожай с 1 куста (кг). Урожайность (т/га) определяли умножением урожая с куста (кг) на количество кустов на 1 га. Массовую концентрацию сахаров (г/100 см³) определяли рефрактометром, титруемую кислотность (г/дм³) – титрованием 0,1N раствором NaOH в лабораторных условиях.

Обработку статистических результатов исследований проводили с использованием дисперсионного анализа по «Методике полевого опыта» [20], с помощью компьютерных программ Microsoft и Statistica 6.0.

Результаты исследований и обсуждение

Агробиологические показатели являются основными признаками, определяющими хозяйственно-ценные свойства сорта. К основным показателям относятся коэффициенты плодоношения и плодоносности, средняя масса грозди, плодоносность сорта (индекс продуктивности сорта), урожайность винограда с одного куста и с 1 га.

Как известно, высокие и стабильные урожаи необходимого качества можно получить лишь при нагрузке, в наибольшей степени, соответствующей биологическим особенностям отдельных сортов, приближающейся к оптимальной.

Как видно из полученных данных (табл.1), нагрузка кустов глазками, в группе столовых сортов, колебалась от 24 до 59 шт. Такое варьирование объясняется силой роста кустов винограда. Количество развившихся побегов находится в пределах от 24 до 59 шт., из них 55-90% – плодоносных. У 4 сортов (13,3% от общего числа сортов) количество плодоносных побегов составило 54-60%, соответственно 61-70% имели 4 сорта (13,3%), 71-80% – 18 сортов (60,6%) и 81-90% – 5 сортов (16,6%).

Коэффициент плодоношения (K_1) характеризует количество соцветий, приходящийся на один развившийся на кусте побег. Коэффициент плодоносности (K_2) – количество соцветий на один плодоносный побег.

Величина коэффициентов плодоношения и плодоносности зависит от множества факторов, включая условия среды обитания винограда, применяемой агротехники и т.д. Основным определяющим условием величины коэффициента плодоношения и плодоносности является биологические особенности сорта. Чем выше показатели K_1 и K_2 , тем большей продуктивностью обладает сорт.

Как было выше отмечено, в качестве объектов исследований, для оценки агробиологических свойств винограда, использовали столовые, технические и универсальные сорта разных групп эколого-географического происхождения.

В условиях Приморско-Каспийской подпровинции изучаемые группы сортов и гибридных форм и разные по эколого-географическому происхождению имели неодинаковые показатели плодоношения и плодоносности. Различия были существенные и определялись, большей частью, биологическими особенностями сортов.

В среднем за десять лет исследований наибольшие показатели плодоношения и плодоносности были у технических сортов по сравнению со столовыми. Коэффициент плодоношения у технических сортов был

Таблица 1. Показатели плодоношения сортов и гибридных форм столового направления (среднее за 2010-2020 годы)
Table 1. Fruiting indicators of varieties and hybrid forms of table varieties (average for 2010-2020)

Название сорта	Количество глазков на кусте, шт.	Развилось побегов, %	Плодоносных побегов, %	Коэффициент		Масса грозди, г	Урожайность		Массовая концентрация	
				плодоношения, K_1	плодоносности, K_2		с 1 куста, кг	с 1 га, т	сахаров, г/100см ³	Титруемых кислот, г/дм ³
Карабурну (котроль)	62	85	79	0,86	1,09	231	10,6	23,6	17,1	11,0
Гечи заматощь	40	75	73	0,77	1,15 ^a	150	3,4	7,6	14,3	9,6
Лакхеди мезешь	41	87	76	0,75	1,00	313 ^a	8,4	18,6	15,6	11,0
Яловенский устойчивый	43	93 ^a	90 ^a	1,07 ^a	1,19 ^a	169	7,3	16,2	17,5	8,3
Вертешь чилага	56	81	71	0,71	1,00	267 ^a	8,5	18,8	14,9	9,5
Среброструй	47	71	78	0,94 ^a	1,23 ^a	267 ^a	8,5	18,8	16,0	8,6
ТСХА 1	45	83	69	0,71	1,03	132	3,6	7,9	23,9 ^a	5,6
ТСХА 2	31	80	72	0,92 ^a	1,27 ^a	250 ^a	5,8	12,8	15,5	10,5
Шамбурсен	36	80	75	0,96 ^a	1,27 ^a	245	6,8	15,1	15,7	8,2
Декабрьский	57	92 ^a	89 ^a	1,33 ^a	1,51 ^a	276 ^a	19,5 ^a	43,3 ^a	14,4	10,1
Виерул 2	35	87 ^a	54	0,68	1,23 ^a	129	2,7	5,9	16,3	8,0
ЦГЛ-10	28	83	76	0,79	1,06	154	2,9	6,4	19,6 ^a	6,6
ЦГЛ-2	58	89 ^a	66	0,69	1,05	277 ^a	9,9	21,9	16,9	8,6
XIV-3-46/100	45	90 ^a	72	0,73	1,03	162	4,8	10,6	16,5	9,0
XIV-1-64/100	44	86	80	0,67	1,13 ^a	178	6,1	13,6	16,8	9,1
СВ-12-304	46	71	88 ^a	1,03 ^a	1,17 ^a	529 ^a	17,9 ^a	39,8 ^a	14,1	9,2
СВ-12-309	38	72	71	0,75	1,10	315 ^a	6,6	14,6	15,7	8,2
8Г-2	41	86	71	0,71	1,04	126	3,2	7,1	21,2 ^a	5,6
СВ-20-365	60	80	70	0,71	1,03	330 ^a	11,2	24,8	14,2	9,0
СВ-23-657	50	88 ^a	84 ^a	1,18 ^a	1,41 ^a	248	12,8 ^a	28,4 ^a	14,0	9,4
XV-18-55	42	85	67	0,67	1,00	213	5,1	11,3	17,2	9,0
XIV-28-16	51	87 ^a	79	0,86 ^a	1,08	179	6,9	15,3	15,1	9,5
«Д»	45	87 ^a	55	0,64	1,19 ^a	257 ^a	6,4	14,2	14,7	9,0
V-95-1	51	94 ^a	78	1,00 ^a	1,29 ^a	181	8,6	19,1	15,8	9,5
«11»	43	91 ^a	73	0,95 ^a	1,31 ^a	231	8,8	19,6	14,2	10,6
З Г-3	27	86	59	0,62	1,07	100	1,5	3,3	18,5 ^a	8,1
XI-36-6/100	56	89 ^a	78	0,94 ^a	1,21 ^a	276 ^a	12,9 ^a	28,6 ^a	14,8	9,1
XI-38-74	44	94 ^a	78	0,92 ^a	1,18 ^a	160	6,2	13,8	18,4 ^a	9,0
XX-19-66/100	53	79	82 ^a	0,88 ^a	1,08	249	9,2	20,4	17,1	10,4
«Б»	68 ^a	86	56	0,62	1,12	199	7,4	16,4	14,1	10,3
Среднее	46,1	84,6	73,6	0,83	1,15	226,4	7,78	17,26	16,34	8,99
НСР ₀₅	2,0	1,3	1,9	0,03	0,02	17,2	0,85	1,88	0,46	0,27

a – варианты с достоверной разницей с контролем

a – variants with a significant difference from the control

равен 1,02; коэффициент плодоносности – 1,30. У столовых сортов коэффициенты плодоношения и плодоносности были несколько ниже (0,86 и 1,24).

Из столовых сортов по показателям плодоношения и плодоносности выделяются сорта Строгозия, Пьерриль и межвидовые гибриды СВ-20-473, СВ-23-40, у которых коэффициент плодоношения (K_1) колеблется в пределах от 0,62 до 1,33. Имеющиеся различия существенны, при НСР₀₅ равном 0,035. Высоким показателем плодоношения выделяются сорта Декабрьский (1,33) и СВ-23-657 (1,18). Наименьшие показатели плодоношения у гибридов «Б», ЗГЗ, «Д», XV-18-55, XIV-64/100, у которых коэффициент плодоношения колеб-

лется в пределах от 0,62 до 0,67. Высокие показатели плодоносности (K_2) у сортов и гибридов: Декабрьский (1,51), Среброструй (1,23), «II» (1,31) и наименьшие у остальных сортов – от 1,00 до 1,17 (табл.1).

В среднем за 10 лет наблюдений урожайность с одного куста по группе столовых и технических сортов была на уровне 7,8 кг.

Контрастные различия по урожаю винограда с куста были внутри каждой группы между отдельными сортами.

В группе столовых сортов (табл.1) наибольший урожай винограда был у межвидовых гибридов: Декабрьский – 19,5 кг/куст; СВ-12-304 – 17,9; СВ-20-365

Таблица 2. Показатели плодоношения сортов и гибридных форм технического направления (среднее за 2010-2020 годы)
Table 2. Fruiting indicators of varieties and hybrid forms of technical direction (average for 2010-2020)

Название сорта	Оставлено глазков на куст, шт.	Развилось побегов, %	Плодоносных побегов, %	Коэффициенты		Масса грозди, г	Урожайность		Массовая концентрация	
				плодоношения, K ₁	плодоносности K ₂		с 1 куста, кг	с 1 га, т	сахаров, г/100см ³	Титруемых кислот, г/дм ³
Мускат белый (контроль)	32	76	65	0,76	1,18	131	2,4	5,3	19,9	6,6
Бианка	63 ^a	82 ^a	87	1,36 ^a	1,58 ^a	189 ^a	13,4 ^a	29,7 ^a	18,1	9,3
Дунавски лазурь	46 ^a	66 ^a	65	1,12 ^a	1,37 ^a	131	2,9	6,4	16,3	8,2
Строгозия	51 ^a	89 ^a	89 ^a	1,23 ^a	1,39 ^a	227 ^a	12,9 ^a	28,6 ^a	15,1	9,6
Мизия	47 ^a	77	72 ^a	0,77	1,07	223 ^a	6,2 ^a	13,8 ^a	15,6	8,9
Антей	57 ^a	79 ^a	58	0,68	1,22	236 ^a	7,8 ^a	17,3 ^a	15,8	9,5
Стругураш	40 ^a	79 ^a	61	0,77	1,26 ^a	206 ^a	4,9 ^a	10,8 ^a	14,4	8,6
Левокумский устойчивый	65 ^a	81 ^a	76 ^a	0,86	1,15	224 ^a	10,1 ^a	22,4 ^a	14,6	9,3
Виорика	41 ^a	89 ^a	86 ^a	1,21 ^a	1,41 ^a	129	5,8 ^a	12,8 ^a	16,7	7,3
Степняк	48 ^a	88 ^a	61	0,83	1,40 ^a	129	4,5 ^a	9,9 ^a	16,9	8,6
Пьеррель	55 ^a	86 ^a	89 ^a	1,29 ^a	1,44 ^a	319 ^a	19,7 ^a	43,8 ^a	14,2	9,0
Трапезица	55 ^a	76	82 ^a	1,02 ^a	1,26 ^a	218 ^a	9,4 ^a	20,8 ^a	15,6	8,9
Подарок Магарача	63 ^a	83 ^a	95 ^a	1,50 ^a	1,60 ^a	190 ^a	15,2 ^a	33,8 ^a	15,5	9,8
Юбилейный Магарача	51 ^a	88 ^a	89 ^a	1,37 ^a	1,56 ^a	126	7,8 ^a	17,3 ^a	18,1	9,1
Саперави	51 ^a	82 ^a	85 ^a	1,02 ^a	1,19	99	4,2 ^a	9,3 ^a	18,7	8,3
Коарнэ нягрэ	68 ^a	85 ^a	62	0,79	1,27 ^a	169 ^a	7,8 ^a	17,3 ^a	15,4	9,5
Первенец Магарача	54 ^a	87 ^a	91 ^a	1,17 ^a	1,34 ^a	179 ^a	9,8 ^a	21,8 ^a	16,9	8,4
ТСХА 3	71 ^a	88 ^a	85 ^a	1,09 ^a	1,28 ^a	322 ^a	22,2 ^a	49,3 ^a	14,2	9,0
ТСХА 9	48 ^a	68	69	0,84	1,21	132	3,7	8,2 ^a	16,7	9,6
ТСХА - 10	61 ^a	92 ^a	89 ^a	1,17 ^a	1,31 ^a	184 ^a	12,3 ^a	27,3 ^a	15,5	9,8
ТСХА - 16	46 ^a	90 ^a	82 ^a	1,14 ^a	1,41 ^a	91	4,4 ^a	9,7 ^a	17,1	10,5
XIV-2-32	48 ^a	87 ^a	58	0,76	1,31 ^a	158 ^a	4,6 ^a	10,2 ^a	15,5	10,5
СВ-23-40	44 ^a	85 ^a	90 ^a	1,47 ^a	1,65 ^a	288 ^a	16,1 ^a	35,7 ^a	14,1	10,7
СВ-20-473	41 ^a	86 ^a	90 ^a	1,27 ^a	1,44 ^a	286 ^a	13,2 ^a	29,3 ^a	14,0	9,4
XV-18-65	53 ^a	91 ^a	83 ^a	1,12 ^a	1,34 ^a	190 ^a	10,4 ^a	23,1 ^a	14,9	9,7
XI-36-34	42 ^a	88 ^a	90 ^a	1,21 ^a	1,36	219 ^a	9,8 ^a	21,8 ^a	14,7	9,3
V-102-36	43 ^a	92 ^a	59	0,72	1,21	168 ^a	4,7 ^a	10,4 ^a	16,3	9,8
ЦГЛ-1	35 ^a	81 ^a	58	0,74	1,12	88	1,6	3,6	22,7 ^a	6,9
«В»	52 ^a	86 ^a	80 ^a	1,08 ^a	1,36 ^a	172 ^a	8,4 ^a	18,6 ^a	17,5	7,2
«Г»	57 ^a	88 ^a	70 ^a	0,74	1,06	99	3,7	8,2 ^a	18,1	7,6
«А»	36 ^a	84 ^a	72 ^a	0,80	1,14	176 ^a	4,2 ^a	9,3 ^a	14,4	8,6
XIV-19-55	57 ^a	90 ^a	66	0,73	1,11	213 ^a	8,1 ^a	17,9 ^a	17,2	9,0
III-75-89	48 ^a	85 ^a	79 ^a	0,95 ^a	1,22	214 ^a	8,3 ^a	18,4 ^a	17,2	9,0
III-51-69/100	41 ^a	92 ^a	73 ^a	0,78	1,07	160 ^a	4,8 ^a	10,6 ^a	14,9	9,6
V-103-22	59 ^a	89 ^a	82 ^a	1,09 ^a	1,34 ^a	126	7,3 ^a	16,2 ^a	17,6	9,3
«Ж»	52 ^a	87 ^a	76 ^a	0,82	1,08	101	3,8	8,4 ^a	19,3	6,2

Таблица 2. Показатели плодоношения сортов и гибридных форм технического направления (среднее за 2010-2020 годы)
Table 2. Fruiting indicators of varieties and hybrid forms of technical direction (average for 2010-2020)

Название сорта	Оставлено глазков на куст, шт.	Развилось побегов, %	Плодоносных побегов, %	Коэффициенты		Масса грозди, г	Урожайность		Массовая концентрация	
				плодоношения, K ₁	плодоносности K ₂		с 1 куста, кг	с 1 га, т	сахаров, г/100см ³	Титруемых кислот, г/дм ³
XI-41-22	67 ^a	82 ^a	71 ^a	0,81	1,15	178	8,0 ^a	17,8 ^a	16,5	8,4
V-14-72	a	87 ^a	84 ^a	1,10 ^a	1,33 ^a	114	5,9 ^a	13,1 ^a	17,9	8,0
XV-50-12	50 ^a	93 ^a	81 ^a	0,85 ^a	1,05	223 ^a	8,9 ^a	19,8 ^a	19,6	8,2
XIX-2-32/100	38 ^a	88 ^a	67	0,73	1,08	181 ^a	4,5 ^a	9,9 ^a	15,2	8,8
III-57-15/100	37 ^a	85 ^a	83 ^a	1,18 ^a	1,41 ^a	163 ^a	6,2 ^a	13,8 ^a	17,7	7,5
XXI-37-52	52 ^a	86 ^a	91 ^a	1,48 ^a	1,63 ^a	177 ^a	11,8 ^a	26,2 ^a	15,7	9,1
V-18-46	41 ^a	87 ^a	92 ^a	0,88 ^a	1,45 ^a	181 ^a	5,8 ^a	12,8 ^a	17,4	8,3
III-75-89/100	48 ^a	86 ^a	91 ^a	1,28 ^a	1,42	165 ^a	8,9 ^a	19,8 ^a	16,3	9,8
XIV-11/44/100	47 ^a	86 ^a	92 ^a	0,95 ^a	1,03	189 ^a	7,4 ^a	16,4 ^a	15,5	9,3
X-2-89/100	43 ^a	87 ^a	84 ^a	1,07 ^a	1,28 ^a	180 ^a	7,4 ^a	16,4 ^a	16,6	9,6
XI-36-43	43 ^a	85 ^a	88 ^a	1,19 ^a	1,34 ^a	185 ^a	7,9 ^a	17,5 ^a	14,8	9,5
XIV-11-57/100	66 ^a	89 ^a	92 ^a	1,30 ^a	1,43 ^a	148 ^a	11,4 ^a	25,3 ^a	17,7	9,8
XXI-16-36	48 ^a	85 ^a	88 ^a	1,31 ^a	1,50 ^a	136	7,3 ^a	16,2 ^a	18,9	8,4
V-103-23	58 ^a	87 ^a	95 ^a	1,37 ^a	1,46 ^a	143 ^a	10,0 ^a	22,2 ^a	17,6	9,1
XV-25-60/100	53 ^a	89 ^a	96 ^a	1,41	1,48 ^a	132	8,9 ^a	19,7 ^a	18,2	8,9
XV-17-5	43 ^a	87 ^a	93 ^a	1,34 ^a	1,46 ^a	179 ^a	9,1 ^a	20,2 ^a	16,9	8,4
XV-50-12	44 ^a	89 ^a	90 ^a	1,25 ^a	1,38 ^a	158 ^a	7,9 ^a	17,6 ^a	16,6	8,7
XV-13-12/100	67 ^a	87 ^a	88 ^a	1,11 ^a	1,40 ^a	165 ^a	10,8 ^a	23,9 ^a	15,9	9,6
X-36-42	47 ^a	80 ^a	67	0,89 ^a	1,36 ^a	170 ^a	5,8 ^a	12,8 ^a	17,6	10,8
X-2-89	55 ^a	88 ^a	92 ^a	1,28 ^a	1,40 ^a	167 ^a	10,5 ^a	23,3 ^a	18,3	8,7
XX-17-22/100	27	85 ^a	90 ^a	1,34 ^a	1,47 ^a	149 ^a	4,6 ^a	10,2 ^a	18,6	8,9
XIV-1-27	56 ^a	85 ^a	91 ^a	1,12 ^a	1,22 ^a	136	7,3 ^a	16,2 ^a	18,2	8,9
V-102-49	59 ^a	86 ^a	88 ^a	1,21 ^a	1,38 ^a	102	6,3 ^a	13,9 ^a	19,0	8,0
XI-37-02/100	48 ^a	80 ^a	93 ^a	1,30 ^a	1,42 ^a	126	6,4 ^a	14,2 ^a	22,7	9,2
XV-50-12	46 ^a	86 ^a	90 ^a	1,15 ^a	1,28 ^a	164 ^a	7,5 ^a	16,6 ^a	18,3	8,7
6 Г-2	55 ^a	84 ^a	84 ^a	0,97 ^a	1,18	96	4,4 ^a	9,8 ^a	19,5	7,7
5-Г-2	51 ^a	86 ^a	83 ^a	0,81	1,00	203 ^a	7,3 ^a	16,2 ^a	18,9	8,2
Матраса 9-Г-2	49 ^a	81 ^a	71 ^a	0,79	1,14	141	4,4 ^a	9,7 ^a	18,0	11,0
2 Г-3	38 ^a	85 ^a	76 ^a	0,87 ^a	1,16	164 ^a	4,8 ^a	10,6 ^a	16,7	9,9
Тавквери 4Г-3	45 ^a	75	65	0,72	1,14	200 ^a	4,8 ^a	10,6 ^a	17,1	8,8
7Г-2	47 ^a	79 ^a	85 ^a	0,75	1,13	202 ^a	5,4 ^a	11,9 ^a	18,6	8,3
1Г-3	46 ^a	86 ^a	67	1,00 ^a	1,47 ^a	85	2,6	5,8	18,4	8,8
СВ-12-375	56 ^a	85 ^a	84 ^a	1,04 ^a	1,25 ^a	247 ^a	12,4 ^a	27,6 ^a	15,8	9,5
XXIV-1-86	51 ^a	84 ^a	82 ^a	1,00 ^a	1,22 ^a	138	5,9 ^a	13,1 ^a	14,0	10,2
Среднее	49,9 ^a	84,9	80,5	1,04	1,303	171,4	7,78	17,26	16,92	8,937
НСР ₀₅	1,8	1,0	2,2	0,04	0,03	10,3	0,78	1,73	0,37	0,19

a – варианты с достоверной разницей с контролем
a – variants with a significant difference from the control

– 11,2; СВ-23-657 – 12,8; XI-36-6/100 – 12,9 кг/куст. Максимальная амплитуда варьирования урожайности с куста по всем столовым сортам и гибридным формам находится в пределах от 1,5 до 19,5 кг/куст. В группе столовых сортов наименьшие показатели по урожайности были у гибридов 3Г-3 – 1,5 кг/куст; 8Г-2-3,2 кг/куст; ТСХА 1 – 3,6 кг/куст; ЦГЛ-10 – 2,9 кг/куст; сорта Гечи заматощь – 3,4 кг/куст.

Одновременно с урожайностью определяли такие качественные показатели как массовая концентрация сахаров и титруемую кислотность. Как показывают полученные данные, высокое содержание сахаров у столовых сортов было отмечено в ягодах гибридных форм: 8Г-2 (21,2 г/100 см³), ТСХА-1 (23,9 г/100 см³), при титруемой кислотности 5,6 г/дм³. У остальных сортов и гибридов содержание сахаров колеблется от 14,1 до 19,6 г/100 см³, при титруемой кислотности от 6,6 до 11 г/дм³. В целом, все сорта к моменту уборки по качеству урожая находились в пределах, требуемых для столовых сортов кондиций.

Как известно, масса грозди винограда определяет продуктивность побега, урожай с куста и урожайность насаждений с единицы площади. Величина грозди зависит от множества природных и антропогенных факторов. Основным определяющим условием величины грозди является биологические особенности сорта.

Как видно из полученных данных, по массе гроздей изучаемые группы столовых и технических сортов различались существенно: наибольшей она была у столовых сортов по сравнению с техническими сортами. Масса грозди у столовых сортов составила в среднем 224,4 г., у технических – 171,2 г. Превышение массы гроздей у столовых сортов над техническими составляет 24,7%. В группе столовых сортов наибольшая масса гроздей была у межвидовых гибридов СВ-12-304 – 529 г., СВ-20-365 – 330 г, СВ-12-309 – 315 г и Лакхеди мезешь – 313 г.

Масса грозди у остальных сортов и гибридов варьировала от 100 до 529 г, амплитуда варьирования составила 429 г. У сорта восточной группы Карабурну (контроль) средняя масса грозди составила 231 г.

Из технических сортов (табл.2) по показателям плодоношения и плодородности выделяются сорта и гибриды: Бианка, Дунавски Лазурь, ТСХА-9, СВ-20-473, XV-18-65, XI-36-34, Строгозия, «В», ТСХА-3, Виорика, ТСХА-16, Пьеррель, XXI-37-53, XIV-11-57/100, XX1-16-36, Подарок Магарача, Юбилейный Магарача, Первенец Магарача, у которых коэффициент плодоношения (K_1) колеблется в пределах от 1,17 до 1,50, коэффициент плодородности – от 1,34 до 1,65. Имеющиеся различия существенны, при НСР05, равном 0,047 (K_1) и 0,031 (K_2).

В группе технических сортов (табл.2) по урожайности с куста выделяются: ТСХА-3 – 22,2 кг/куст; Пьеррель – 19,7 кг/куст; Бианка – 13,4 кг/куст; СВ-20-473 – 13,2 кг/куст; Строгозия – 12,9 кг/куст; Подарок Магарача – 15,2 кг/куст; СВ-12-375 – 12,4 кг/куст. Наименьшие показатели по урожайности с куста отмечены у сортов и гибридных форм: 1Г-3 – 2,6 кг/куст; ЦГЛ-1 – 1,6 кг/куст; Дунавски лазурь – 2,9 кг/куст; «Г» – 3,7 кг/куст; «Ж» – 3,8 кг/куст; Мускат белый (контроль) – 2,4 кг/куст.

Максимальная амплитуда варьирования признака между наибольшими и наименьшими показателями в

данной группе сортов была равна 20,6 кг/куст, при средней урожайности по группе технических сортов 7,8 кг/куст.

В группе технических сортов средняя масса грозди составила 171,2 г. Наибольшая масса гроздей была у сортов: ТСХА-3 – 322 г; Пьеррель – 319 г; СВ-23-40 – 288 г; СВ-20-473 – 286 г. У остальных сортов и гибридов средняя масса грозди варьировала от 85 до 247 г. Амплитуда варьирования массы грозди составила 234 г. Как и в группе столовых сортов, наиболее контрастные различия по массе гроздей были внутри каждой группы между отдельными сортами.

В целом, все изучаемые сорта и гибридные формы в условиях Приморско-Каспийской подпровинции обеспечивали достаточно высокие урожаи; технических: ЦГЛ-1, XI-37-02-100, (22,7 г/100 см³). У 44 сортов массовая концентрация сахаров составила от 14 до 16 г/100 см³, у 56 – от 16 до 19 г/100 см³ и выше, а у 4 сортов – в диапазоне 20-23 г/100 см³.

Титруемая кислотность сула зрелого винограда варьирует в пределах от 5,6 мг/дм³ (ТСХА-1, 8Г-2) до 11 г/дм³ (9 Г-2, Карабурну, Лакхеди мезешь). В условиях проведения исследований уменьшение содержания титруемых кислот на наш взгляд обеспечивается за счет низкой амплитуды колебаний температуры воздуха в дневные и ночные часы. Повышенное содержание титруемых кислот в условиях Приморско-Каспийской подпровинции у изучаемых сортов играет положительную роль, при соответствующем содержании сахаров в соке ягод.

Заключение

Таким образом, в группе столовых сортов и гибридных форм из изучаемых 30 генотипов наибольшие показатели коэффициентов плодоношения и плодородности показали: СВ-23-657 (1,18 и 1,41), СВ-12-304 (1,03 и 1,17), Декабрьский (1,33 и 1,51), Яловенский устойчивый (1,07-1,19), V-95-1 (1,00 и 1,29), XI-36-6/100 (0,94 и 1,21).

В группе технических сортов наибольшие коэффициенты плодоношения и плодородности были у сортов: Бианка (1,36 и 1,58), Виорика (1,21 и 1,41), Подарок Магарача (1,50 и 1,60), Юбилейный Магарача (1,37 и 1,56), Первенец Магарача (1,17 и 1,34). Высокие показатели коэффициентов плодоношения и плодородности имели гибридные формы: XX1-37-52 (1,48 и 1,63), XX1-16-36 (1,31 и 1,50), XV-17-5 (1,34 и 1,46), V-103-23 (1,37 и 1,46). У большинства сортов и гибридных форм коэффициент плодоношения варьирует в пределах от 0,67 до 1,30, а коэффициент плодородности – в пределах от 1,03 до 1,42.

Наибольший урожай в группе столовых сортов у межвидовых гибридов: Декабрьский – 19,5 кг/куст; СВ-12-304 – 17,9; СВ-20-365 – 11,2; СВ-23-657 – 12,8; XI-36-6/100 – 12,9 кг/куст. В группе технических сортов по урожайности с куста выделяются: ТСХА-3 – 22,2 кг/куст; Пьеррель – 19,7 кг/куст; Бианка – 13,4 кг/куст; СВ-20-473 – 13,2 кг/куст; Строгозия – 12,9 кг/куст; Подарок Магарача – 15,2 кг/куст; СВ-12-375 – 12,4 кг/куст. Соответственно у этих сортов выше урожайность в пересчете на гектар. Выделенные сорта будут использованы в селекционном процессе в качестве источников ценных признаков.

• Литература

1. Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе. Новочеркасск: ВНИИВиВ им.Я.И.Потапенко, 1978. 174 с.
2. Моисейченко В.Ф., Завирюха А.Х., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994. 383 с.
3. Егоров Е.А., Аджиев А.М., Серпуховитина К.А., Трошин Л.П., Жуков А.И., Гусейнов Ш.Н., Алиева А.Н. Виноградарство России: настоящее и будущее. Махачкала: Издательский дом "Новый день", 2004. 440 с. EDN QYXKQP.
4. Егоров Е.А. Селекция винограда – ключевое звено в развитии виноградо-винодельческой отрасли. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):408-413. <https://doi.org/10.18699/VJ21.045>. EDN RCOSKU.
5. Егоров Е.А., Петров В.С. Сортовая политика в современном виноградарстве России. *Виноградарство и виноделие: Сборник научных трудов ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»*. 2020;XLIX:147-151. <https://doi.org/10.35547/1958.2020.39.79.001>.
6. Ильницкая Е.Т., Нудга Т.А., Прах А.В., Шелудко О.Н., Талаш А.И. Сортовая селекция СКЗНИИСиВ для импортозамещения и совершенствования отечественного сортимента технического винограда. *Садоводство и виноградарство*. 2016;5:31-36. <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.5.3446>. EDN WWRNLJ.
7. Петров В.С., Ильницкая Е.Т., Нудга Т.А., Сундырева М.А., Талаш А.И., Ильяшенко О.М. Совершенствование сортимента винограда в Краснодарском крае. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2012;15(3):51-60. EDN OXTOTF.
8. González-Fernández A.B., Marcelo V., Valenciano J.B., Rodríguez-Pérez J.R. Relationship between physical and chemical parameters for four commercial grape varieties from the Bierzo region (Spain). *Scientia Horticulturae*. 2012;147:111-117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.009>
9. Петров В.С. Потенциал хозяйственной продуктивности винограда, его реализация в условиях умеренно континентального климата юга России. *«Магарач»*. *Виноградарство и виноделие*. 2016;1:20-22. EDN VPFIF.
10. Полулях А.А., Волынкин В.А., Лиховской В.В. Генетические ресурсы винограда института «Магарач». Проблемы и перспективы сохранения. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(6):608-616. <https://doi.org/10.18699/VJ17.276>. EDN ZOFIYX.
11. Полулях А.А., Волынкин В.А. Особенности основных фенологических фаз продукционного периода сортов *Vitis vinifera orientalis* Negr. *Магарач*. *Виноградарство и виноделие*. 2019;21,2(108):97-101. <https://doi.org/10.35547/IM.2019.21.2.003>. EDN FKAXNS.
12. Кисиль М.Ф. Повышение экологичности виноградо-винодельческой продукции в Молдове. Новочеркасск: ГНУ ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, 2004. С. 73-75.
13. Чаусов В.М., Скобелцын Ю.А., Чаусов А.В. Влияние поливов и минеральных удобрений на плодородность почв винограда и число ягод в его гроздях. *Виноград и вино России*. 2000;1:5-6.
14. Aleynikova G., Seget O. Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the South of Russia under influence of shoot load. *BIO Web of Conferences*. 2021;(34):01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213401011>.
15. Gutiérrez-Gamboa G., Carrasco-Quiroz M., Martínez-Gil A.M., Pérez-Álvarez E.P., Garde-Cerdán T., Moreno-Simunovic Y. Grape and wine amino acid composition from Carignan noir grapevines growing under rainfed conditions in the Maule Valley, Chile: Effects of location and rootstock. *Food Research International*. 2018;(105):344-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.021>.
16. Pascual R., Navarro J.M., Ordaz P.B. Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. *Agricultural Water Management*. 2022;(259):107216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>.
17. Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда. Ростов н/Д: Ростовский ун-т, 1963. 150 с.
18. Мелконян М.В., Волынкин В.А. Методика ампелографического описания и агробиологической оценки винограда. Ялта: Национальный институт винограда и вина «Магарач», 2002. 27 с. EDN YABLNF.
19. Методические рекомендации по технологической оценке сортов винограда для виноделия. ВНИИ виноделия и виноградарства «Магарач». Ялта: ВНИИВиВ, 1983 (вып. дан. 1984). 72 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Урожай, 1985. 336 с.

• References

1. Agrotechnical research on the creation of intensive grape plantings on an industrial basis / ed. B.A. Muzychenko. Novocherkassk. 1978. 174 p. (In Russ.)
2. Moiseichenko V.F., Zaviryukha A.X., Trifonova M.F. Fundamentals of scientific research in fruit growing, vegetable growing and viticulture. M.: Kolos, 1994. 383 p. (In Russ.)
3. Egorov E.A., Adzhiev A.M., Serpukhovitina K.A., et al. Viticulture in Russia: present and future. Makhachkala, 2004. 440 p. EDN QYXKQP. (In Russ.)
4. Egorov E.A. Grape breeding is a key link in the development of the grapes and wine-making industry. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):408-413. <https://doi.org/10.18699/VJ21.045>. EDN RCOSKU. (In Russ.)
5. Egorov E.A., Petrov V.S. Varietal policy in modern Russian viticulture. *Viticulture and winemaking: Collection of scientific works of the Federal State Budgetary Institution "VNIIVIV "Magarach" RAS"*. 2020;XLIX:147-151. <https://doi.org/10.35547/1958.2020.39.79.001>. (In Russ.)
6. Ilitskaya E.T., Nudga T.A., Prakh A.V., Sheludko O.N., Talash A.I. Cultivars of NCRRH&V breeding for import substitution and improvement of domestic assortment of technical grapes. *Horticulture and viticulture*. 2016;5:31-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.5.3446>. EDN WWRNLJ. (In Russ.)
7. Petrov V., Ilitskaya E., Nudga T., Sundyreva M., Talash A., Ilyashenko O. Improvement of vine assortment in the Krasnodar region. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2012;15(3):51-60. EDN OXTOTF. (In Russ.)
8. González-Fernández A.B., Marcelo V., Valenciano J.B., Rodríguez-Pérez J.R. Relationship between physical and chemical parameters for four commercial grape varieties from the Bierzo region (Spain). *Scientia Horticulturae*. 2012;147:111-117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.009>
9. Petrov V.S. Potential of economic productivity of grapes and its realization in a temperate continental climate in the south of Russia. *Magarach. Viticulture and winemaking*. 2016;1:20-22. EDN VPFIF. (In Russ.)
10. Polulyakh A.A., Volynkin V.A., Likhovskoy V.V. Problems and prospects of grapevine genetic resources preservation at "Magarach" Institute. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(6):608-616. <https://doi.org/10.18699/VJ17.276>. EDN ZOFIYX. (In Russ.)
11. Polulyakh A.A., Volynkin V.A. Peculiarities of major phenological phases in the production period of *Vitis vinifera orientalis* Negr. cultivars. *Magarach. Viticulture and winemaking*. 2019;21,2(108):97-101. <https://doi.org/10.35547/IM.2019.21.2.003>. EDN FKAXNS. (In Russ.)
12. Kisil M.F. Improving the environmental friendliness of grape and wine products in Moldova. Novocherkassk: GNU VNIIVIV im. Ya.I. Potapenko, 2004. pp. 73-75. (In Russ.)
13. Chausov V.M., Skobeltsin Yu.A., Chausov A.V. The influence of irrigation and mineral fertilizers on the fruitfulness of grape buds and the number of berries in its bunches. *Grapes and Wine of Russia*. 2000;1:5-6. (In Russ.)
14. Aleynikova G., Seget O. Realization of biological productivity of grape varieties in conditions of the South of Russia under influence of shoot load. *BIO Web of Conferences*. 2021;(34):01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213401011>.
15. Gutiérrez-Gamboa G., Carrasco-Quiroz M., Martínez-Gil A.M., Pérez-Álvarez E.P., Garde-Cerdán T., Moreno-Simunovic Y. Grape and wine amino acid composition from Carignan noir grapevines growing under rainfed conditions in the Maule Valley, Chile: Effects of location and rootstock. *Food Research International*. 2018;(105):344-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.021>.
16. Pascual R., Navarro J.M., Ordaz P.B. Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. *Agricultural Water Management*. 2022;(259):107216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>.
17. Lazarevsky M.A. Study of grape varieties. Rostov University, 1963. 150 p. (In Russ.)
18. Melkonyan M.V., Volynkin V.A. Methodology for ampelographic description and agrobiological assessment of grapes. Yalta: "Magarach", 2002. 27 p. EDN YABLNF. (In Russ.)
19. Methodological recommendations for technological assessment of grape varieties for winemaking. All-Russian Research Institute of Winemaking and Viticulture "Magarach". Yalta: VNIIVIV, 1983 (issued 1984). 72 p. (In Russ.)
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. M., 1985. 336 p. (In Russ.)

Об авторе:

Бейпулат Агабекович Фейзуллаев – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, SPIN-код: 8542-0470, karaev1955@mail.ru

About the Author:

Beyputat A. Feyzullaev – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, SPIN-code: 8542-0470, karaev1955@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-94-99>
УДК: 635.621.3:631.5(476)

И.П. Козловская*,
Ю.В. Винокурова-Лабунская

УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»
220012, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Независимости, 99

*Автор для переписки:
i.p.kozlovskaya@gmail.com

Вклад авторов: Козловская И.П.: разработка методологии исследования, научное руководство исследованием, написание-рецензирование и редактирование рукописи. Винокурова-Лабунская Ю.В.: проведение исследования, анализ полученного материала, написание – подготовка черновика рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Козловская И.П., Винокурова-Лабунская Ю.В. Технологические приемы повышения урожайности и воспроизводства плодородия при выращивании кабачка на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Республики Беларусь. *Овощи России*. 2024;(2):94-99. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-94-99>

Поступила в редакцию: 19.02.2024

Принята к печати: 19.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Irina P. Kozlovskaya,
Yulia V. Vinokurova-Labunskaya

Belarusian State Agrarian Technical University
Nezavisimosti Ave., 99, Minsk,
220012, Republic of Belarus

*Correspondence: i.p.kozlovskaya@gmail.com

Authors' Contribution: Kozlovskaya I.P.: development of research methodology, scientific supervision of the study, writing, reviewing and editing the manuscript. Vinokurova-Labunskaya Yu.V.: conducting the research, analyzing the obtained material, writing – preparing the draft manuscript.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

For citation: Kozlovskaya I.P., Vinokurova-Labunskaya Yu.V. Technological methods for increasing the yield and fertility reproduction when growing zucchini on sod-podzolic light loamy soil in natural and climatic conditions of Republic of Belarus. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):94-99. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-94-99>

Received: 19.02.2024

Accepted for publication: 19.03.2024

Published: 25.03.2024

Технологические приемы повышения урожайности и воспроизводства плодородия при выращивании кабачка на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Республики Беларусь

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Актуальность. Для повышения качества жизни, расширения вкусовых предпочтений населения Беларуси необходимо расширять ассортимент овощных культур с высокой урожайностью, товарностью и качеством продукции, адаптированных к природно-климатическим условиям республики. В этой связи совершенствование технологических приемов возделывания такой культуры как кабачок (*Cucurbita pepo* L.) имеет научное и практическое значение.

Материалы и методика. Исследования проводили на территории личного подсобного хозяйства в деревне Чухны Сморгонского района. Полевые и лабораторные исследования выполнены с использованием общепринятых методик и методических указаний.

Результаты. Обоснована целесообразность возделывания сидеральных культур в сочетании с локальным внесением обеззараженного термоаммиачным способом компоста при выращивании кабачка рассадным способом на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Беларуси. Разработанные технологические приемы обеспечивают воспроизводство почвенного плодородия, прибавки урожая, получение продукции высокого качества без применения минеральных удобрений. При использовании сидерации и обеззараженного компоста в плодах кабачка сорта Бонус, выращенных без минеральных удобрений, содержание нитратов находилось в пределах 280-320 мг/кг. Для воспроизводства плодородия дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при выращивании кабачка в природно-климатических условиях Беларуси целесообразно использовать в качестве сидеральных удобрений овес, редьку масличную и горох. Этот технологический прием обеспечивает повышение содержания в почве органического вещества на 0,8-1,3%. Совместно с сидерацией, внесение обеззараженного термоаммиачным способом компоста в лунку при высадке рассады кабачка обеспечивает повышение содержания органического вещества на 1,2-1,5% в зоне локализации компоста.

При разложении органического вещества сидеральных культур и обеззараженного компоста, внесенного локально, высвобождаются элементы питания в количествах достаточных для формирования высокого урожая кабачка с содержанием нитратов ниже ПДК. Таким образом, при выращивании на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Беларуси предложенные технологические приемы позволяют получить высококачественную продукцию, значительно повысить урожайность кабачка за счет сидерации в сочетании с локальным внесением обеззараженного компоста без использования минеральных удобрений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

кабачок, сидераты, обеззараженный компост, органическое вещество почвы, воспроизводство плодородия, урожайность, качество продукции.

Technological methods for increasing the yield and fertility reproduction when growing zucchini on sod-podzolic light loamy soil in natural and climatic conditions of Republic of Belarus

ABSTRACT

Relevance. To improve the quality of life and expand the taste preferences of the population of Belarus, it is necessary to expand the range of vegetable crops with high yields, marketability and product quality, adapted to the natural and climatic conditions of the republic. In this regard, improving technological methods for cultivating such a crop as zucchini (*Cucurbita pepo* L.) is of scientific and practical importance.

Materials and Methods. The research was carried out on the territory of a private farm in the village of Chukhny, Smorgon district. Field and laboratory studies were carried out using generally accepted methods and guidelines.

Results. Substantiated the feasibility of cultivating green manure crops in combination with the local application of thermoammonia-disinfected compost when growing zucchini in seedlings on sod-podzolic light loamy soils in the natural climatic conditions of Belarus. The developed technological methods ensure the reproduction of soil fertility, increased yield, and production of high quality products without the use of mineral fertilizers. When using green manure and disinfected compost, the nitrate content in zucchini cv. Bonus, grown without mineral fertilizers, was in the range of 280-320 mg/kg. To reproduce the fertility of soddy-podzolic light loamy soils when growing zucchini in the natural climatic conditions of Belarus, it is advisable to use oats, oilseed radish and peas as green manure fertilizers. This technological technique increases the content of organic matter in the soil by 0.8-1.3%. Together with green manure, adding thermo-ammonia-disinfected compost into a hole when planting zucchini seedlings ensures an increase in organic matter content by 1.2-1.5% in the compost localization zone. During the decomposition of organic matter of green manure crops and disinfected compost applied locally, nutrients are released in quantities sufficient to form a high yield of zucchini with a nitrate content below the maximum permissible concentration. Thus, when grown on soddy-podzolic light loamy soils in the natural climatic conditions of Belarus, the proposed technological methods make it possible to obtain high-quality products and significantly increase the yield of zucchini due to green manure in combination with the local application of disinfected compost without the use of mineral fertilizers.

KEYWORDS:

zucchini, green manure, disinfected compost, soil organic matter, fertility reproduction, productivity, product quality

Введение

В ежедневном рационе человека при правильно сбалансированном питании должно быть не менее 400 г овощей. Овощи являются ценнейшим диетическим продуктом, в них содержатся практически все необходимые организму витамины, кислоты и минеральные вещества, пищевые волокна, фитонциды, и эфирные масла. Овощи употребляют в натуральном, сыром виде или перерабатывают с целью получения консервированной продукции, в том числе и для детского питания [1,2].

Для повышения качества питания, расширения вкусовых предпочтений очень важно разнообразить внутри продуктовой группы набор продуктов, которые имеют схожие питательные свойства. В овощной продуктовой группе лидерами по потреблению являются плодовые, корнеплоды, листовые овощи.

Целесообразно расширять их ассортимент в первую очередь за счет тех овощных культур, которые хорошо адаптированы к почвенно-климатическим условиям республики. Такой культурой, несомненно, является кабачок (*Cucurbita pepo* L.) — однолетнее травянистое растение, разновидность тыквы обыкновенной. Плоды потребляются в свежем, замороженном и переработанном виде.

При выращивании кабачка помимо получения высокой товарной урожайности, особое значение приобретает выполнение норматива: “Требования к продукции, направленные на обеспечение ее безопасности для жизни и здоровья населения” [3].

В плодах кабачка очень мало (около 4%) грубых пищевых волокон, что делает их прекрасным диетическим продуктом. В мякоти и кожуре кабачка содержится клетчатка и пищевые волокна – пектины, которые связывают и выводят из организма холестерин, защищают ЖКТ от повреждений и способствуют укреплению сосудов и сердца. Кабачки содержат 5-6% сухого вещества и являются очень низкокалорийными овощами: в 100 граммах продукта всего 24-27 килокалорий.

В молодых плодах содержится примерно 2-2,5% сахаров. По мере созревания количество сахаров и каротина возрастает. По содержанию каротина зрелые желтоплодные кабачки опережают морковь.

Плоды кабачка содержат специфические ферменты, которые обеспечивают усвоение пищи за счет переваривания белковых соединений в растворимое состояние. Этот овощ имеет богатый витаминный состав: жирорастворимые витамины А, бета-каротин, Е и К, водорастворимые витамины группы В: В₁, В₂, В₃ (РР), В₄, В₅, В₆, В₉. 100 г кабачка способны покрыть до 20% суточной нормы витамина С. Из микроэлементов особую ценность представляют калий, магний, железо и цинк. В семенах кабачка много незаменимой жирной кислоты Омега-3 [4,5].

Для полноценного роста и развития растения, достижения высокой продуктивности и получения продукции высокого качества растения кабачка нуждаются в сбалансированном питании, которое достигается за счет усвоения необходимых макро- и микроэлементов.

Растениям кабачка на формирование 1 т необходимо 1,1 кг азота, 0,4 кг фосфора и 2,4 кг калия. При этом в сухом веществе содержание (%) азота находится в диапазоне 1,98-2,32; фосфора – 0,53-0,84 и калия – 2,7-6,92 [6].

Нарушения в питании растений проявляются в ослаблении роста, снижении урожайности, товарности и ухудшении качества плодов, включая вкусовые характеристики.

Традиционной системой питания овощных культур в открытом грунте является органо-минеральная, а главными источниками основных биогенных элементов при выращивании кабачка в природно-климатических условиях Беларуси являются органические и минеральные удобрения.

Для получения экологически чистой овощной продукции высокого качества следует свести к минимуму, а в идеале – исключить применение минеральных удобрений. Для формирования положительного баланса гумуса в почве, обеспечения растений элементами питания целесообразно в качестве органических удобрений применение компостов и сидератов.

Цель наших исследований – изучить влияние беззараженного компоста при локальном внесении под рассаду на содержание органического вещества в почве на фоне различных сидератов и оценить влияние этого технологического приема на урожайность и качество плодов кабачка.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на территории личного подсобного хозяйства в деревне Чухны Сморгонского района на легкосуглинистых почвах, развивающихся на лессовидных суглинках, подстилаемых моренным суглинком с глубины 75 см.

В качестве объекта исследований был выбран сорт кабачка Бонус. Сорт внесен в Государственный Реестр сортов Республики Беларусь в 2021 году. Заявитель: РУП «ИНСТИТУТ ОВОЩЕВОДСТВА». Авторы: Хлебородов А.Я., Глинская Н.С. Сорт универсального назначения. Сорт получен методом гибридизации и индивидуально-семейственного отбора из гибридной популяции ♀Альбин с ♂Biserka. Растение полуплети-стого типа, ветвление отсутствует. Листовая пластинка среднего размера, мелко рассеченная, пятнистость имеется. Молодой плод зеленой окраски, цилиндрической формы, средней длины, желобки и ребра имеются. Основная окраска зрелого плода и мякоти кремовая. Плод булавовидной формы, средней толщины,



Рис. 1. Кабачок, сорт Бонус
Fig. 1. Zucchini, Bonus variety

выраженность зеленого оттенка слабая, структура волокнистая. Семена среднего размера, эллиптической формы, кремового цвета. Мякоть белая, плотная, толщина мезокарпия 2-3 см. Сорт раннеспелый, пригоден как для употребления в свежем виде, так и для переработки. Период от всходов до первого сбора плодов – 45 дней. Средняя товарная урожайность за 2018-2020 годы испытания составила 996 ц/га, максимальная – 1450 ц/га получена на ГСХУ «Горецкая СС» в 2019 году. Средняя масса плода 0,7 кг. Выход товарной продукции – 96,4%. Содержание сухого вещества – 6-8%, витамина С – 18-20 мг%, общего сахара – 2,24%.

Кабачок выращивали рассадным способом. Стандартную рассаду в возрасте 20 дней высаживали в известкованную почву после заделки сидерата. В качестве сидеральных культур возделывали овес, редьку масличную, горох. В качестве органического удобрения использовали обеззараженный компост, полученный путем термоаммиачного компостирования.

Технологическая схема компостирования построена на использовании термодинамических циклов без выброса углекислого газа, аммиака, сероводорода в атмосферу. При конденсации паров воды, аммиака и при растворении аммиака в воде выделяется значительное количество тепловой энергии. Повышение температуры компоста до 60-65°C в анаэробных условиях достигается за счет действия «катализатора» – карбамидо-аммиачной смеси (КАС). В результате происходит равномерный нагрев компостного штабеля, фактически реализуется принцип работы термосифона. Конденсация паров происходит также во внутрипоровых пространствах, т.е. на тонких пленках в капиллярно-пористых средах. Именно газо-термическая среда с повышенным содержанием аммиака приводит к уничтожению патогенных микроорганизмов.

Исследования образцов компоста проводили РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» (г. Минск). Патогенных и условно-патогенных бактерий не было выявлено.

Для активного компостирования идеально подходит соотношение углерода к азоту C:N от 25:1 до 30:1. При соотношении C:N ниже 20:1 задействуется весь доступный углерод без стабилизации всего азота. Удобрительная ценность компоста: Нобщ 1,23-1,82%; P₂O₅ – 0,76-0,86%; K₂O – 0,67-0,71 (содержание в % в абс. сухом веществе) [7,8].

Гнездовое внесение компоста при посадке рассады кабачка позволяет локализовать элементы питания и активизировать микрофлору вокруг корневой системы, что создает для растений благоприятные условия поглощения питательных веществ.

Опыт был заложен в 2021-2023 годах в четырехкратной повторности с площадью опытной деланки 10 м² по следующей схеме:

1. Контроль (без сидерата и компоста)
2. Сидерат овес (15 г/м²)
3. Сидерат овес (15 г/м²) + компост (250 г локально)
4. Сидерат редька масличная (5 г/м²)
5. Сидерат редька масличная (5 г/м²) + компост (250 г локально)
6. Сидерат горох (15 г/м²)
7. Сидерат горох (15 г/м²) + компост (250 г локально).

Агротехника – общепринятая. На каждой контрольной деланке произрастало 20 растений. Урожай учитывали весовым методом. Сбор урожая проводили 4 раза за вегетацию по мере формирования товарного кабачка.

Результаты и их обсуждение

Обогащение почвы элементами питания в форме органических соединений, активизация микрофлоры, улучшение водно-физических свойств и структурного состояния достигаются при возделывании сидеральных культур. Сидеральные культуры за счет активного наращивания биомассы подавляют рост сорняков. Корневые выделения сидератов сдерживают развитие почвенных инфекций. Сидеральные удобрения являются экологически безопасным источником, обеспечивающим пополнение органического вещества почв [9,10].

Нами проанализировано наращивание биомассы различными сидератами перед посадкой кабачка. Наибольшее количество сырой биомассы (2,7 кг/м²) формирует овес, но сухого вещества этот сидерат привносит в почву только 0,35 кг/м², обеспечивая при этом увеличение содержания органического вещества на 1,1% по сравнению с контролем (табл.1).

Овёс – один из наиболее доступных сидератов. Это неприхотливый злак, который отличается быстрым ростом и имеет богатый минеральный состав зеленой массы. В надземных частях и корнях растений содержатся фитонциды, которые высвобождаются при разложении биомассы и подавляют патогенную микрофлору почвы [11].

Редька масличная высоко ценится как сидерат за то, что за счет высокого содержания фитонцидов хорошо saniрует почву. Это растение семейства крестоцветных с мощной стержневой корневой системой, биомасса которого имеет невысокую влажность [12]. Этот

сидерат сформировал сырой биомассы только 1,8 кг/м², сухой – 0,56 кг/м², но при этом содержание органического вещества в почве увеличилось на 1,3%.

При использовании гороха в качестве сидерата в почву поступает 2,2 кг/м² сырой и 0,49 кг/м² сухой биомассы, богатой белками [12, 13]. При выращивании кабачка сидерация горохом обеспечила увеличение содержания органического вещества на 0,8%.

Таким образом, каждая из изучаемых сидеральных культур формирует достаточное количество биомассы, необходимое для обогащения почвы органическим веществом.

В почве опытного участка содержание органического вещества было типичным для дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы: 2,0-2,1% (табл.2). За счет сидерации и локального внесения обеззараженного компоста содержание органического вещества увеличилось до 2,9-3,2%. Очевидно, что биомасса сидератов за такой промежуток времени не могла полностью преобразоваться в гумусовые вещества и образовать устойчивый комплекс с минеральной частью почвы, но несомненно, что за счет увеличения содержания органических веществ в почве условия произрастания растений существенно улучшились.

При внесении обеззараженного компоста в лунки перед посадкой рассады кабачка содержание органического вещества в зоне локализации в конце вегетации растений достигало 3,3-3,6%. Увеличению содержания органического вещества в почве, наряду с внесением компоста, способствовало то, что часть корневых остатков утратили анатомическое строение и подверглись интенсивному разложению.

Активное разложение биомассы сидератов обеспечило увеличение содержания органического вещества на 0,8-1,3%. При использовании компоста в сочетании с сидерацией в зоне его локализации содержание органического вещества увеличилось на 1,2-1,5%.

Изучаемые технологические приемы оказали существенное влияние на урожайность кабачка. Так, на контроле было получено всего 32 т/га. При использовании сидератов урожайность кабачка значительно увеличилась: 113,4 т/га при сидерации овсом, 75,3 и 60,1 т/га – редькой масличной и горохом соответственно.

При локальном внесении компоста в сочетании с сидерацией наибольшая урожайность (122,1 т/га) получена при использовании овса в качестве сидеральной культуры. Локальное внесение компоста по сидератам редька масличная и горох обеспечило прибавку урожайности на 9,1 и 25,2 т/га (при НРС05=6,2 т/га).

Использование таких технологических приемов, как сидерация и внесение обеззараженного компоста, обеспечили рост урожайности кабачка (рис.1). Причем наибольшую прибавку обеспечила сидерация овсом в сочетании с внесением компоста.

Таблица 1. Биомасса сидератов, кг/м² и увеличение содержания органического вещества в почве
Table 1. Green manure biomass, kg/m² and increase in organic matter content in the soil

Сидерат	Биомасса, т/га		Органическое вещество, % (+ к контролю)
Овес	сухая	0,35	1,1
	сырая	0,27	
Редька масличная	сухая	0,56	1,3
	сырая	1,8	
Горох	сухая	0,49	0,8
	сырая	2,2	

Таблица 2. Содержание органического вещества (%) в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и урожайность кабачка сорта Бонус (т/га)
Table 2. Content of organic matter (%) in soddy-podzolic light loamy soil and yield of zucchini cv. Bonus (t/ha)

Вариант опыта	Органическое вещество, %			Урожайность, т/га
	содержание	+ к контролю за счет сидерации	+ к контролю за счет сидерации и компоста	+ к контролю за счет сидерации и компоста
1. Контроль (без сидерата и компоста)	2,1			32
2. Сидерат овес (15 г/м ²)	3,2	1,1		113,4
3. Сидерат овес (15 г/м ²) + компост (250 г локально)	3,6		1,5	122,1
4. Сидерат редька масличная (5 г/м ²)	3,4	1,3		75,3
5. Сидерат редька масличная (5 г/м ²) + компост (250 г локально)	3,6		1,5	84,4
6. Сидерат горох (15 г/м ²)	2,9	0,8		60,1
7. Сидерат горох (15 г/м ²) + компост (250 г локально).	3,3		1,2	85,3

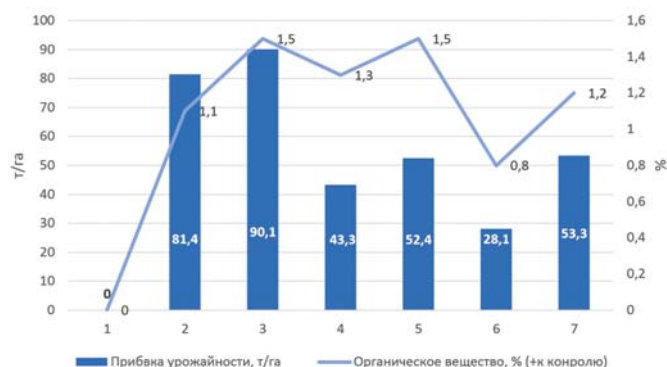


Рис. 1. Взаимосвязь роста урожайности кабачка и увеличения содержания органического вещества в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при сидерации и внесении компоста
Fig. 1. The relationship between the increase in zucchini yield and the increase in organic matter content in soddy-podzolic light loamy soil during green manure and the application of compost

Заключение

При использовании сидерации и обеззараженного компоста в плодах кабачка сорта Бонус, выращенных без минеральных удобрений, содержание нитратов находилось в пределах 280-320 мг/кг (при ПДК нитратов в кабачке 400 мг/кг) [14, 15, 16].

Для воспроизводства плодородия дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при выращивании кабачка в природно-климатических условиях Беларуси целесообразно использовать в качестве сидеральных удобрений овес, редьку масличную и горох. Этот технологический прием обеспечивает повышение содержания в почве органического вещества на 0,8-1,3%. Совместно с сидерацией, внесение обеззараженного термоаммиачным способом компоста в лунку при высадке рассады кабачка

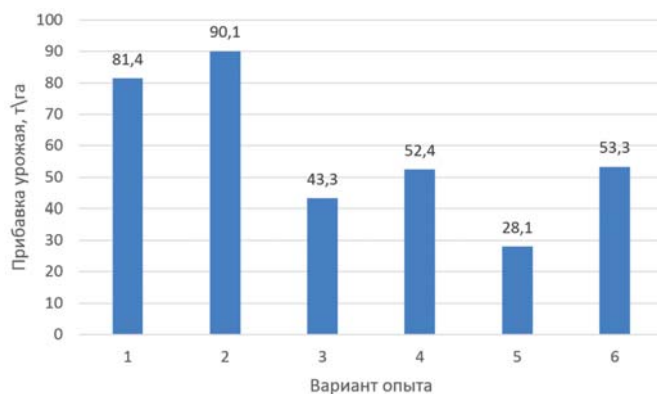


Рис. 2. Прибавка урожайности кабачка при выращивании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве за счет сидерации и локального внесения компоста
Fig. 2. Increase in zucchini yield when grown on soddy-podzolic light loamy soil due to green manure and local application of compost

обеспечивает повышение содержания органического вещества на 1,2-1,5% в зоне локализации компоста.

При разложении органического вещества сидеральных культур и обеззараженного компоста, внесенного локально, высвобождаются элементы питания в количествах достаточных для формирования высокого урожая кабачка с содержанием нитратов ниже ПДК. Таким образом, при выращивании на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в природно-климатических условиях Беларуси предложенные технологические приемы позволяют получить высококачественную продукцию, значительно повысить урожайность кабачка за счет сидерации в сочетании с локальным внесением обеззараженного компоста без использования минеральных удобрений.

• Литература

1. Аутко А.А., Аутко Ан. А. Овощи в питании человека. Минск: Белорусская наука, 2008. 312 с
2. Ламажапова Г.П. Физиология питания. М.: Мир науки., 2016. 146 с
3. Государственный Стандарт Республики Беларусь: кабачки свежие. Технические условия. Госстандарт: Минск, 2011. 7 с.
4. Кабачок: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edaplus.info/produce/marrow.html>: Дата доступа: 16.02.2024.
5. Аутко А.А., Пестис В.К., Гракун В.В., Азаренко В.В., Коломиец Э.И., Андруевич М.П., и др. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений. Минск : Беларуская навука, 2022. 614 с. ISBN 978-985-08-2855-2. EDN QFSKCL.
6. Жабровская Н.Ю., Пироговская Г.В. Химический состав и удельный вынос элементов питания урожаем овощных культур. *Почвоведение и агрохимия*. 2020;2(65):170-174. EDN XDQKLN.
7. Гринчик Н.Н., Козловская И.П. и др. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения: пат. 18125 Респ. Беларусь, C05F3/00, C05F17/00. Заявитель и патентообладатель ИТМО НАН Беларуси. 2014.
8. Гринчик Н.Н., Козловская И.П. Термоаммиачное компостирование отходов животноводства. *Наука и инновации*. 2021;7(221):70-75. EDN UOIIJB.
9. Сидеральные культуры: потенциал зеленых удобрений: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agriecomission.com/base/sideralnye-kultury-potencial-zelenyh-udobrenii>: Дата доступа: 17.02.2024 .
10. Линков С.А., Акинчин А.В., Титовская А.И. Изменение агрофизических свойств почвы и ее микробиологической активности под влиянием сидеральных культур. *Сахарная свекла*. 2015;(5):7-10. EDN VKCFJH.
11. Овес как сидерат: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ogorodum.ru/oves-kak-siderat.html>: Дата доступа: 16.02.2024.
12. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики. Минск : Белорусская наука, 2009. 404 с. ISBN 978-985-08-1019-9. EDN RBAYED.
13. Ступаков И.А. Воспроизводство плодородия почв в кормовых севооборотах. *Земледелие*. 2001;(2):15–16.
14. Нитраты: Сколько их должно быть в продуктах и воде?: [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aif.by/health/healthlife/nitraty_skolko_ih_dolzno_byt_v_produkтах_i_vode: Дата доступа: 16.02.2024.
15. Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Багрянцева О.В., Шатров Г.Н. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы. *Вопросы питания*. 2020;89(4):110–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10047>. EDN AYWXUM.
16. Литвинов С.С., Коломиец А.А. Удобрения кабачка и патиссона на аллювиально-луговых почвах Московской области. *Вестник Башкирского университета*. 2015;20(3):876–880. EDN VBBROP.

• References

1. Outko A.A., Outko An.A. Vegetables in human nutrition. Minsk: Belarusian Science, 2008, 312 p. (In Russ.)
2. Lamazhapova G.P. Physiology of nutrition. M.: World of Science., 2016. 146 p. (In Russ.)
3. State Standard of the Republic of Belarus: fresh zucchini. Technical conditions /Gosstandart: Minsk, 2011. 7 p. (In Russ.)
4. Zucchini: [Electronic resource]. – Access mode: <https://edaplus.info/produce/marrow.html>: Access date: 02/16/2024. (In Russ.)
5. Outko A.A., Pestis V.K., Grakun V.V., Azarenko V.V., Kolomiets E.I., Andrusovich M.P., et al. Technologies for cultivating vegetables, melons, potatoes, spicy-aromatic and medicinal plants. Minsk: Belarusian Science, 2022. 614 p. ISBN 978-985-08-2855-2. EDN QFSKCL. (In Russ.)
6. Zhabrovskaya N.Yu., Pirahouskaya G.V. Chemical composition and specific removal of nutritional elements by the harvest of vegetable crops. *Soil Science and Agrochemistry*. 2020;2(65):170-174. EDN XDQKLN. (In Russ.)
7. Grinchik N.N., Kozlovskaya I.P. Method for preparing multi-purpose compost: Pat. 18125 Rep. Belarus, C05F3/00, C05F17/00. Applicant and patent holder of ITMO NAS of Belarus. 2014. (In Russ.)
8. Grinchik N.N., Kozlovskaya I.P. Thermal ammonia composting of animal waste. *Science and Innovation*. 2021;7(221):70-75. EDN UOIIJB. (In Russ.)
9. Green manure crops: the potential of green fertilizers: [Electronic resource]. – Access mode: <https://agriecomission.com/base/sideralnye-kultury-potencial-zelenyh-udobrenii>: Access date: 02/17/2024. (In Russ.)
10. Linkov S.A., Akinchin A.V., Titovskaya A.I. Change of agrophysical properties of soil and its microbiological activity under the influence of green manure crops. *Sugar beet*. 2015;(5):7-10. EDN VKCFJH. (In Russ.)
11. Oats as green manure: [Electronic resource]. – Access mode: <https://ogorodum.ru/oves-kak-siderat.html>: Access date: 02/16/2024. (In Russ.)
12. Dovban K.I. Green fertilizer in modern agriculture: issues of theory and practice. Minsk: Belarusian Science, 2009. 404 p. ISBN 978-985-08-1019-9. EDN RBAYED. (In Russ.)
13. Stupakov I.A. Reproduction of soil fertility in forage crop rotations. *Zemledelie*. 2001;(2):15–16. (In Russ.)
14. Nitrates: How much should there be in food and water?: [Electronic resource]. Access mode: https://aif.by/health/healthlife/nitraty_skolko_ih_dolzno_byt_v_produkтах_i_vode: Access date: 02.16.2024. (In Russ.)
15. Khotimchenko S.A., Gmoshinski I.V., Bagryantseva O.V., Shatrov G.N. Chemical food safety: development of methodological and regulatory base. *Problems of nutrition*. 2020;89(4):110–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10047>. EDN AYWXUM. (In Russ.)
16. Litvinov S.S., Kolomiets A.A. Fertilizer system of zucchini and squash on alluvial-meadow soils of the Moscow region. *Vestnik Bashkirskogo Universiteta*. 2015;20(3):876–880. EDN VBBROP. (In Russ.)

Об авторах:

Ирина Петровна Козловская – доктор с.-х. наук, профессор кафедры ЭМТП и агротехнологий, SPIN-код: 8577-6893, автор для переписки: i.p.kozlovskaya@gmail.com
Юлия Владимировна Винокурова-Лабунская – аспирант

About the Authors:

Irina P. Kozlovskaya – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of EMTP and Agricultural Technologies, SPIN-code: 8577-6893, Corresponding Author: i.p.kozlovskaya@gmail.com
Yulia V. Vinokurova-Labunskaya – Graduate Student

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-100-105>
УДК: 635.21:631.526.325:581.175.11

И.В. Ким*,
А.Г. Клыков

ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки»
692539, Россия, Приморский край,
пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

*Адрес для переписки: kimira-80@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. И.В. Ким: концептуализация,
разработка методологии исследования, работа
с программным обеспечением; курирование
данных, написание — подготовка черновика
рукописи; визуализация, проведение исследо-
вания; написание-рецензирование и редак-
тирование рукописи. А.Г. Клыков: написание-
рецензирование и редактирование рукописи;
научное руководство исследованием.

Для цитирования: Ким И.В., Клыков А.Г.
Изучение антоцианов в кожуре и мякоти клуб-
ней гибридов картофеля (*Solanum tuberosum*
L.). *Овощи России*. 2024;(2):100-105.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-100-105>

Поступила в редакцию: 25.12.2023

Принята к печати: 19.01.2024

Опубликована: 25.03.2024

Irina V. Kim*,
Alexey G. Klykov

Federal State Budget Scientific Institution
“Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the
Far East named after A.K. Chaiki”
30B, Volozhenina st., Timiryazevsky stl.,
Ussuriysk, Primorsky kray, Russia, 692539

*Correspondence: kimira-80@mail.ru

Conflict of interest: The author declare that they
have no conflict of interest.

Authors' Contribution. I.V. Kim: conceptualization,
the development of the research methodology,
work with the software; data curation, writing of the
draft of the manuscript; visualization, the conduct-
ing of the research; the writing-reviewing and edit-
ing of the manuscript. A.G. Klykov: the writing-
reviewing and editing of the manuscript; supervi-
sion.

For citation: Kim I.V., Klykov A.G. Studying antho-
cyanins in the skin and flesh of the tubers of some
potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.).
Vegetable crops of Russia. 2024;(2):100-105. (In
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-100-105>

Received: 25.12.2023

Accepted for publication: 19.01.2024

Published: 25.03.2024

Изучение антоцианов в кожуре и мякоти клубней гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.)

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Антоцианы в картофеле привлекают особое внимание в качестве компонентов функционального питания. В настоящее время все больший интерес вызывают исследования об использовании антоцианов для животных и человека, помимо их важной роли в жизни растений.

Цель исследования – идентифицировать количественный и качественный состав антоцианов в клубнях ценных гибридов картофеля приморской селекции. Объектом исследований служили пять перспективных гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) различных групп спелости из конкурсного сортоиспытания ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Исследования проводили в 2018-2023 годах в условиях полевого и лабораторного экспериментов Приморского края РФ. Антоцианы разделяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Компоненты идентифицировали методами масс-спектрометрии второго порядка.

Результаты. Дана оценка гибридов по содержанию антоцианов тканей клубня – кожуры и мякоти. Отмечены сортообразцы с содержанием антоцианов в обеих частях клубня: При-15-12-14 (петунидин-3-арабинозид: 310,0 и 91,1 мг/кг; цианидин-3-глюкозид: 149,8 и 39,8 мг/кг), При-14-52-2 (петунидин-3-арабинозид: 360,0 и 143,0 мг/кг; цианидин-3-глюкозид: 80,4 и 81,2 мг/кг). Выделенные образцы имеют окрашенную кожуру: фиолетовую и сине-фиолетовую. Мякоть с фиолетовым пигментом была свойственна генотипам При-14-52-2 и При-15-12-14. Гибриды При-15-12-14 и При-14-52-2 отличились наибольшим содержанием суммарного количества антоцианов в мякоти – 130,9 и 224,2 мг/кг соответственно. В результате исследований в клубнях, исследуемых образцов выявлено восемь различных антоцианов: дельфинидин-3-глюкозид, дельфинидин-3-рамнозил-5-глюкозид, петунидин-3-глюкозид, мальвидин-3-глюкозид, цианидин-3-глюкозид, цианидин-3-рамнозил-5-глюкозид, пеларгонидин-3-глюкозид, петунидин-3-арабинозид. Установлено, что для клубней с розовой и красной кожурой характерно наличие пеларгонидин-3-глюкозида. Петунидин-3-глюкозид и цианидин-3-глюкозид обеспечивают фиолетовую окраску кожуры. Выделенная группа сортообразцов рекомендуется для использования в диетическом питании и целенаправленных скрещиваниях селекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Картофель (*Solanum tuberosum* L.), антоцианы, гибриды, масс-спектрометрия, ВЭЖХ

Studying anthocyanins in the skin and flesh of the tubers of some potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.)

ABSTRACT

Relevance. Today special attention is paid to potato anthocyanins as components of functional food. Increasing interest is generated by research on the use of anthocyanins for the benefit of animals and people in addition to their significant role in the life of plants.

The research goal was to identify the quantitative and qualitative composition of anthocyanins in the tubers of valuable potato hybrids of Primorsky selection. Five promising potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.) belonging to different groups of maturity and involved in the comparative variety testing by FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnology named after A.K. Chaiki” were used as the research object. The research was carried out under the conditions of field and laboratory experiments in Primorsky kray, Russia, in 2018-2023. The anthocyanins were divided by the method of high-performance liquid chromatography. The anthocyanins were identified by the method of second-order mass spectrometry.

Results. The research evaluated the potato hybrids for the content of anthocyanins in the tissues of the tubers – skin and flesh. The following specimens were determined to have a high content of anthocyanins both in the skin and flesh: Pri-15-12-14 (petunidin-3-arabinoside: 310.0 and 91.1 mg/kg; cyanidin-3-glucoside: 149.8 and 39.8 mg/kg) and Pri-14-52-2 (petunidin-3-arabinoside: 360.0 and 143.0 mg/kg; cyanidin-3-glucoside: 80.4 and 81.2 mg/kg). The selected specimens were characterized by purple and blue-purple skin. Genotypes Pri-14-52-2 and Pri-15-12-14 had tuber flesh with purple pigmentation. Hybrids Pri-15-12-14 and Pri-14-52-2 had the highest total content of anthocyanins in the flesh – 130.9 and 224.2 mg/kg, respectively. The conducted research identified eight different anthocyanins in the tubers of the studied potato specimens: delphinidin-3-glucoside, delphinidin-3-ramnosil-5-glucoside, petunidin-3-glucoside, malvidin-3-glucoside, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-ramnosil-5-glucoside, pelargonidin-3-glucoside, and petunidin-3-arabinoside. The tubers with pink and red skin were determined to contain pelargonidin-3-glucoside. Petunidin-3-glucoside and cyanidin-3-glucoside colored tuber skin purple. The selected group of specimens might be recommended for use as functional food and in goal-oriented breeding.

KEYWORDS:

Potato (*Solanum tuberosum* L.), anthocyanins, hybrids, mass spectrometry, high-performance liquid chromatography

Введение

Антоцианы в растении относятся к вторичным метаболитам, а конкретно к группе флавоноидов. Они выполняют ряд важных функций, которые можно разделить на две основные группы: отношения растение/насекомое и реакция на воздействие стрессовых факторов окружающей среды [1, 2]. В вегетативных тканях (листьях, стеблях) антоцианины поглощают видимое (сине-зеленое) и ультрафиолетовое излучение (UV-B) и являются мощными антиоксидантами и гасителями свободных радикалов, при этом они защищают фотосинтетический аппарат от воздействия, избыточного видимого или ультрафиолетового излучения и фотооксидативного стресса [3].

Антоцианы синтезируются в кожуре и мякоти клубней картофеля [4]. Известно, что флавоноиды в основном накапливаются в картофельной кожуре, богатой веществами, которые представляют фармакологический интерес [5]. У картофеля как важной продовольственной культуры содержание антоцианов целесообразно повышать в съедобной части растения – мякоти клубней [6]. Пигментированный картофель может служить потенциальным источником природных антоцианов, поскольку имеет невысокую стоимость и является распространенным продуктом питания [7]. Красный и пурпурный картофель содержит ацилированные глюкозиды пеларгонидина, тогда как пурпурный картофель – ацилированные глюкозиды мальвидина, петунидина, пеонидина и дельфинидина [8]. Генотипы картофеля различаются по содержанию биологически активных соединений, в том числе антоцианов. Пигментированные сорта обладают в 1,5-2,5 раза большей фенольной активностью, в 2-3 раза большей антиоксидантной способностью и накапливают больше антоцианов, чем непигментированные генотипы [9]. Известно, что антоцианы обладают капилляроукрепляющими, антиоксидантными, антибактериальными и антиканцерогенными свойствами и применяются в медицине для лечения и профилактики ряда заболеваний (например, сахарного диабета II типа и некоторых форм опухолей) [10]. Полифенолы, содержащиеся в мякоти и кожуре пигментированного картофеля, способствуют снижению уровня оксидативного стресса и воспалительных процессов у людей [11].

Отмечено, что после кулинарной обработки и длительного хранения количество антоцианов практически не изменяется [12, 13]. Перечисленные свойства антоцианов стимулируют вовлечение картофеля в программы селекции на высокое содержание этих пигментов в красной и фиолетовой мякоти и кожуре клубня [14].

В последние годы созданы сорта с высоким содержанием каротиноидов и антоцианов, отличающихся красной и фиолетовой мякотью клубней [15]. В США селекционная работа по созданию специальных диетических сортов ведется с начала 2000 г., в результате получены сорта с высоким содержанием каротиноидов и антоцианов, имеющие красную и фиолетовую мякоть клубней [6]. В России также достигнуты значительные успехи в создании сортов картофеля для диетического питания, проводятся исследования по определению суммарного содержания антиоксидантов в сортообразцах картофеля, выделены сорта, которые имеют наибольший индекс пигментации и содержат в 5 раз больше антиоксидантов, чем беломякотные сорта [16, 17]. Установлена положительная корреляция между содержанием антоцианов и других групп фенольных соединений в тканях клубней картофеля и антиоксидантной активностью [18, 19].

Повышение эффективности селекции по признакам окраски мякоти клубня (красная и фиолетовая) связывают

с разработкой ДНК маркеров целевых генов биосинтеза антоцианов. Известно, что в генетическом контроле биосинтеза антоцианов участвуют гены ферментов халконсинтазы (CHS), халконфлаванонизомеразы (CHI), дигидрофлавонол-4-редуктазы (DFR), флавонон-3-гидроксилазы (F3H), флавоноид-3'-гидроксилазы (F3'H), флавоноид-3',5'-гидроксилазы (F3'5'H) и антоцианидинсинтазы (ANS) [6]. Локус D (developer, у диплоидного картофеля *S. rybinii* Juz. & Bukasov обозначен как *I – inhibitor*), расположенный в 10-й хромосоме, кодирует транскрипционный фактор (ТФ) R2R3 MYB, обладающий высоким сходством с продуктом ранее выделенного гена петунии гибридной (*Petunia × hybrida hort.*) – *PhAN2*. Представители R2R3 MYB – самая большая группа генов, кодирующих ТФ у растений. Они выполняют важную роль в биосинтезе антоцианов [20].

Изученность генетики антоциановой пигментации клубней и цветков у селекционных форм *S. tuberosum* существенно облегчает подбор родительских пар для скрещивания и планирование объемов селекционного материала при отборе гибридов с окрашенными цветками, стеблями, листьями и клубнями [21].

По данным Симакова Е.А. и др. [22] при измерении антиоксидантной активности (АОА) сортообразцов коллекционного питомника установлен ее высокий уровень (1032–1280 мг/кг) у гибридов с пигментированной окраской кожуры и мякоти клубней, отличающихся высоким содержанием каротиноидов и антоцианов, определяющих ее уровень.

Отбор на высокую питательную ценность по признаку окраски кожуры и мякоти является перспективным направлением. В настоящее время на Дальнем Востоке работы по изучению качественного и количественного состава антоцианов в клубнях картофеля новое направление. В 2018 г. в ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки совместно с ДВФУ (о. Русский) проведена оценка сортов различного происхождения (Россия, Нидерланды, Германия, Казахстан, Украина и Беларусь) выделены источники ценных хозяйственных признаков (повышенная урожайность, красная и фиолетовая окраска кожуры клубня, красно-фиолетовая окраска венчика), которые включены в скрещивания с целью получения диетических сортов [23].

Цель исследований – идентификация количественного и качественного состава антоцианов в клубнях ценных гибридов картофеля приморской селекции.

Материалы и методы исследований

Исходным материалом для исследований послужили пять перспективных гибридов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) селекции ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Сортообразцы характеризовались различными сроками созревания. Исследования проводили в период 2018-2023 годов. На их основе выделены перспективные гибриды с различными показателями антоцианов в клубнях (рис. 1). В качестве стандарта использован районированный сорт Янтарь.

Состав и накопление антоцианов анализировали по методу С.Е. Lewis и др. [24] в Дальневосточном федеральном университете (г. Владивосток, Приморский край). Для определения содержания антоцианов использовали ткани мякоти клубней, кожуры, листьев и соцветий. Собранные образцы хранили до начала анализа (не более 2 нед.) в прохладном месте без доступа прямых солнечных лучей. Образцы промывали в холодной воде, взвешивали, измельчали и заливали раствором, содержащим 40 % этилового спирта и 1% муравьиной кислоты (5 г измельчен-



Рис. 1. Мякоть различных сортов картофеля
Fig. 1. Flesh of different potato varieties

ной массы + 25 мл полученного раствора). Массу подвергали замораживанию-размораживанию, а также ультразвуковой дезинтеграции для разрушения стенок и мембран клеток и органелл. Антоцианы экстрагировали в течение 90 мин при 40°C в закрытом сосуде для предотвращения доступа атмосферного кислорода. Экстракт центрифугировали (СМ-6М, «Elmi», Латвия) при 3500 g в течение 30 мин, супернатант фильтровали через шприцевые фильтры (размер пор 0,45 мкм). Готовый экстракт хранили в морозильной камере при температуре 20°C.

Антоцианы разделяли методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе с градиентным насосом высокого давления LC-20AD и блоком термостатирования колонок СТО-20А («Shimadzu», Япония). Хроматографию проводили на обратнофазной колонке Shodex C18-4E (250½4,6 мм), диаметр зерна сорбента – 5 мкм («Shodex», Япония), температура 50°C, скорость подвижной фазы составляла 0,58 мл/мин. Элюент А – ацетонитрил («AppliChem GmbH», Германия), элюент В – 1% раствор муравьиной кислоты («Sigma-Aldrich», США). Градиент: 0,00-5,00 мин – концентрация В изменялась от 100 до 92%; 5,00-45,00 мин – концентрация В изменялась от 92 до 80%; 45,00-45,01 мин – концентрация В изменялась от 80 до 10%. Детектирование проводили в диапазоне длин волн 300-600 нм UV/VIS спектрофотометрическим детектором SPD-20А («Shimadzu», Япония). Для анализа вводили по 5 мкл экстракта. Анализ проводили в 84 биологических и 3 аналитических повторностях. Для гибридов с фиолетовым и сине-фиолетовым пигментом содержание антоцианов пересчитывали по мальвидин-3-глюкозиду, используя коэффициент поглощения $3,02 \cdot 10^4$ в диапазоне длин волн 300-600 нм и молекулярную массу 493,3 г/моль, для остальных образцов – по пеларгонидин-3-глюкозиду с молярным коэффициентом экстинкции $2,73 \cdot 10^4$ при диапазоне длин волн 300-600 нм и молекулярной массой 433,3 г/моль.

Антоцианы идентифицировали методами масс-спектрометрии второго порядка с помощью ловушки amaZon SL («Bruker», Германия), оснащенной источником ионизации электрораспылением. Для этого выделенные ранее методом ВЭЖХ антоцианины анализировали методом прямого ввода. Детектирование проводили в режиме положительных и отрицательных ионов. Диапазон сканирования масс – от 150 до 2200 а.е.м., максимальная скорость сканирования 32000 Да/с, напряжение на распыляющем капилляре 4500 В, давление на небулайзере 29 psi, поток сухого газа 10 л/с, температура капилляра 180°C. Фрагментацию ионов проводили электронным пучком с энергией 1,5 эВ. Анализ проводили в 15 биологических и 3 аналитических повторностях.

Для проверки достоверности полученных результатов использовали статистические программы MS Excel 2007 и

Statistica 8 («StatSoft, Inc.», США), рассчитывали средние (M) и $t_{0,05/2} \text{SEM}$.

Результаты исследований и их обсуждение

На первоначальном этапе эксперимента нами исследованы неочищенные клубни (изучался состав антоцианов в кожуре и мякоти в совокупности). У сортов с розовой и темно-розовой окраской клубня выявлено преобладающее присутствие пеларгонидин-3-глюкозида, гибриды с фиолетовой и сине-фиолетовой окраской содержали преимущественно петунидин-3-глюкозид и цианидин-3-глюкозид (табл. 1).

В образцах с желтой окраской кожуры антоциановые вещества детектировали в незначительном количестве. В клубнях стандарта Янтарь детектирован петунидин-3-глюкозид – 1,8 мг/кг.

По суммарному количеству антоцианов в клубнях выделялась группа генотипов с фиолетовой и сине-фиолетовой кожурой – 137,7 и 223,3 мг/кг. Сортообразцы с розовым пигментом на клубнях характеризовались количеством антоциановых компонентов в среднем от 2,5 до 70,3 мг/кг.

Наибольшее содержание антоцианов характерно для сортообразцов с розовой кожурой: При-15-7-16 (87,4 мг/кг), При-15-41-8 (85,1); фиолетовой кожурой – При-15-12-14 (137,7), При-14-52-2 (223,3 мг/кг). Выявлен генотип с многокомпонентным составом – 4 антоциана в совокупности: При-15-12-14 (петунидин-3-глюкозид, цианидин-3-глюкозид, цианидин-3-рамнозил-5-глюкозид, дельфинидин-3-рамнозил-5-глюкозид).

Мякоть клубней картофеля – кладезь углеводов, витаминов и антиоксидантов. Это основная часть растения, которая употребляется в пищу. В настоящее время разнообразие окраски мякоти варьирует от белой до фиолетовой. Сортообразцы с цветной мякотью обладают особой ценностью, так как считаются источниками антиоксидантов, в том числе антоцианов. В Государственном реестре селекционных достижений РФ за 2022 г. включено всего два сорта с пигментированной мякотью: Сюрприз (розовая мякоть) и Фиолетовый (фиолетовая мякоть), из них ни один не допущен для выращивания в Дальневосточной зоне. В связи с этим в 2019 г. детекцию антоцианового профиля клубней провели в двух частях, разделив кожуру и мякоть. При сравнении количественного и качественного состава антоцианов в кожуре и мякоти клубней были получены результаты, свидетельствующие о том, что максимальное содержание компонентов находится в кожуре и ближе к ней.

При исследовании сортообразцов с розовой и красной окраской клубня выявлено преобладающее присутствие пеларгонидина и дельфинидина. Редко встречающимся антоцианом отмечен мальвидин (табл. 2).

Генотипы выделенной группы существенно превышали

Таблица 1. Содержание антоцианов в клубнях у изученных гибридов картофеля в зависимости от окраски кожуры
Table 1. Content of anthocyanins in the tubers of the studied potato hybrids in relation to their skin color

Сорт, гибрид	Антоциан	Молекулярный ион [M+H] ⁺	Время выхода на ВЭЖХ, мин.	Содержание антоцианов, мг/кг
Желтая и кремовая окраска кожуры клубня				
Янтарь, st	Pt3Glu	479,3; 317,2	35,0	1,8±0,1
Желтая окраска кожуры клубня с розовыми пятнами, розовая и красная окраска				
При-15-7-16 Ирбитский × Аврора	Dp3Glu	465,3; 303,2	25,0	14,6±0,1
	PI3Glu	433,3; 271,1	37,5	70,3±0,3
	Mv3Glu	493,3; 331,3	44,0	2,5±0,1
При-15-41-8 Русская красавица × Ирбитский	PI3Glu	433,3; 271,1	37,5	63,2±0,3
	Mv3Glu	493,3; 331,3	44,0	9,6±0,1
	Dp3Glu	465,3; 303,2	25,0	12,3±0,1
При-12-35-4 Дебрянск × Мустанг	Dp3Glu	465,3; 303,2	25,0	2,9±0,1
	PI3Glu	433,3; 271,1	37,5	59,1±0,3
Фиолетовая и сине-фиолетовая окраска кожуры клубня				
При-15-12-14 Purple potato × Манифест	Pt3Glu	479,3; 317,2	35,0	125,0±0,3
	Cy3Glu	449,2; 287,2	27,5	1,2±0,1
	Cy3Ram5Glu	611,3; 499,3; 287,2	19,0	3,6±0,1
	Dp3Ram5Glu	627,3; 465,3; 303,2	17,5	7,9±0,1
При-14-52-2 Ломоносовский × Purple potato	Pt3Glu	479,3; 317,2	35,0	124,1±0,3
	Cy3Glu	449,2; 287,2	27,5	85,6±0,2
	PI3Glu	433,3; 271,1	37,5	13,6±0,1

Примечание. Pt3Glu – петунидин-3-глюкозид; Mv3Glu – мальвидин-3-глюкозид; PI3Glu – пеларгонидин-3-глюкозид; Dp3Ram5Glu – дельфинидин-3-рамнозил-5-глюкозид; Dp3Glu – дельфинидин-3-глюкозид; Cy3Ram5Glu – цианидин-3-рамнозил-5-глюкозид; Cy3Glu – цианидин-3-глюкозид; Pt3Ara – петунидин-3-арабинозид

контрольный сорт Янтарь по количественному содержанию антоцианов. Наибольшее содержание антоцианов характерно для сортообразцов с розовой кожурой – При-15-7-16 (87,4 мг/кг), При-15-41-8 (85,1 мг/кг). Сортообразцы с кожурой клубня розовых и красных оттенков характеризовались повышенным содержанием анто-

цианов в среднем 73,8 мг/кг в кожуре и незначительным количеством веществ в мякоти – 1,5 мг/кг. Отмечен высокий коэффициент вариации – 15,7-39,7%.

Сорта с фиолетовой и сине-фиолетовой окраской содержали преимущественно петунидин-3-глюкозид и цианидин-3-глюкозид. Наибольшее количество антоциа-

Таблица 2. Содержание антоцианов в кожуре и мякоти клубней у гибридов картофеля
Table 2. Content of anthocyanins in the skin and flesh of the tubers of the studied potato hybrids

Сорт/гибрид	Антоциан	Происхождение	Содержание антоцианов, мг/кг		
			клубень	кожура	мякоть
Янтарь, st	Pt3Glu	Россия	1,8±0,1	1,2±0,1	< 0,5
При-15-7-16 Ирбитский × Аврора	Dp3Glu	Россия	14,6±0,1	2,0±0,1	< 0,5
	PI3Glu		70,3±0,3	204,1±0,3	< 0,5
	Mv3Glu		2,5±0,1	10,8±0,1	< 0,5
	Pt3Ara		-	40,1±0,2	1,4±0,1
	Cy3Glu		-	99,1±0,2	2,3±0,1
При-15-41-8 Русская красавица × Ирбитский	PI3Glu	Россия	63,2±0,3	130,1±0,4	< 0,5
	Mv3Glu		9,6±0,1	5,2±0,1	< 0,5
	Dp3Glu		12,3±0,1	15,0±0,1	< 0,5
	Pt3Ara		-	16,7±0,1	< 0,5
	Cy3Glu		-	4,5±0,1	< 0,5
При-12-35-4 Дебрянск × Мустанг	Dp3Glu	Россия	2,9±0,1	3,5±0,1	1,2±0,1
	PI3Glu		59,1±0,3	110,1±0,2	< 0,5
	Pt3Ara		-	7,8±0,1	< 0,5
	PI3Glu		125,0±0,3	114,0±0,3	12,6±0,2
При-15-12-14 Purple potato × Манифест	Pt3Ara	Россия	-	350,0±0,5	91,1±0,3
	Cy3Glu		140,2±0,4	39,8±0,2	1,2±0,1
	Cy3Ram5Glu		-	-	3,6±0,1
	Dp3Ram5Glu		-	-	7,9±0,1
	Dp3Glu		-	63,1±0,1	1,7±0,1
	PI3Glu		-	5,0±0,1	< 0,5
	Mv3Glu		-	10,0±0,1	1,0±0,1
	Pt3Glu		124,1±0,3	-	-
При-14-52-2 Ломоносовский × Purple potato	Pt3Ara	Россия	-	357,9±0,5	143,0±0,4
	Cy3Glu		85,6±0,2	80,4±0,1	81,2±0,3
	PI3Glu		13,6±0,1	84,1±0,2	1,2±0,1
	Dp3Glu		-	10,1±0,1	1,5±0,1
	Mv3Glu		-	2,1±0,1	1,1±0,1

Знак «-» – антоцианы не обнаружены

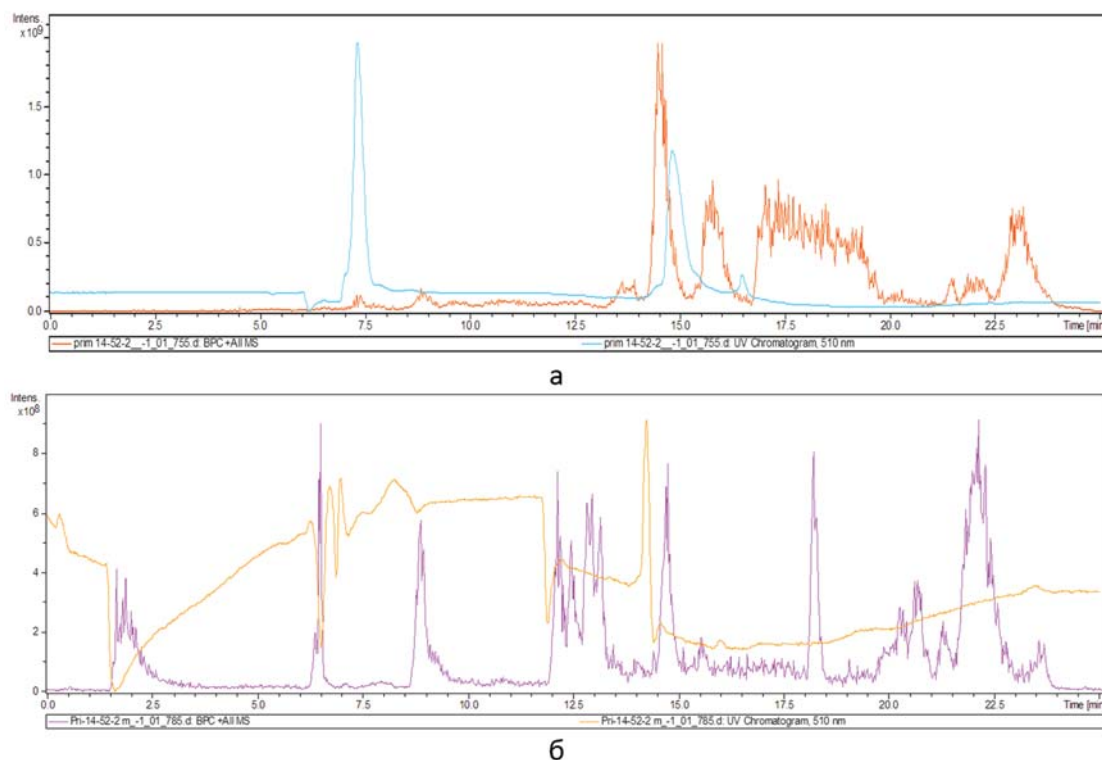


Рис. 2. Профиль элюции антоцианов, выделенных из кожуры (а) и мякоти (б) клубней картофеля гибрида При-14-52-2
Fig. 2. Elution profile of the anthocyanins isolated from the skin (a) and flesh (b) of the tubers of potato variety Pri-14-52-2

нов отмечено у сортообразцов с фиолетовой кожурой – При-15-12-14 (137,7 мг/кг), При-14-52-2 (223,3 мг/кг).

Мякоть клубней фиолетового цвета обладает высоким содержанием антоцианов, на уровне состава кожуры. Генотипы с фиолетовыми клубнями отличились содержанием антоциановых компонентов в обеих частях клубня и в среднем их количество составило: в кожуре – 334,9 мг/кг и мякоти – 80,3 мг/кг.

Выявлен генотип с многокомпонентным составом – 8 антоцианов: При-15-12-14.

Ранее проведенные исследования подтверждают, что качественный состав антоцианов, как правило, специфичен и зависит от сортовых особенностей и условий произрастания растений, которыми определяется активность соответствующих ферментов, способствующих синтезу определенных компонентов антоцианового комплекса [7]. Сорта с фиолетовой и розовой кожурой разных оттенков выделились по содержанию антоцианов в клубнях по сравнению с сортообразцами с желтыми клубнями. Следовательно, окраска кожуры клубня (розовая, темно-розовая, сине-фиолетовая, фиолетовая) может использоваться в качестве визуального признака в селекции при создании диетических сортов с повышенным содержанием антоцианов. Исследованиями установлена связь розовой и темно-розовой окраски кожуры с повышенным содержанием пеларгонидин-3-глюкозида, в пределах 63-95 мг/кг. В результате изучения получен патент на изобретение «Способ отбора сортообразцов картофеля с повышенным содержанием антоцианов» (№2723406, получен 11.06.2020 г. с датой приоритета 09.12.2019 г.).

В клубнях гибрида При-14-52-2 петунидин-3-арабинозид является основным компонентом, и в больших количествах обнаружен в кожуре и мякоти образца (рис. 2).

Во время фиксации детекции обнаружен интенсивный сигнал при длине волны 510 нм (время удерживания 15,5 мин), что соответствует основному антоциану – петунидин-3-арабинозиду гибрида При-14-52-2, кроме того, присутствовал в значительных количествах пеларгонидин-3-глюкозид (пик при 14,9 мин). При анализе мякоти гибрида При-14-52-2 зафиксирован пик с интенсивным сигналом на

14,3 мин., что соответствует петунидин-3-арабинозиду. Также отмечен сигнал на 10,5 мин. – где был идентифицирован цианидин-3-глюкозид. Профили элюции выявили связь между содержанием конкретных антоцианов и окраской клубней, а также их принадлежностью к определенному сортообразцу.

В результате проведенного анализа компонентного состава клубня тканей кожуры и мякоти отмечены сортообразцы с содержанием антоцианов в обеих частях клубня: При-15-12-14 (петунидин-3-арабинозид: 310,0 и 91,1 мг/кг; цианидин-3-глюкозид: 149,8 и 39,8 мг/кг), При-14-52-2 (петунидин-3-арабинозид: 360,0 и 143,0 мг/кг; цианидин-3-глюкозид: 80,4 и 81,2 мг/кг). Выделившиеся образцы имеют окрашенную кожуру: фиолетовую и сине-фиолетовую. Мякоть с фиолетовым пигментом была свойственна генотипам – При-14-52-2 и При-15-12-14. Гибриды При-15-12-14 и При-14-52-2 отличились наибольшим содержанием суммарного количества антоцианов в мякоти – 130,9 и 224,2 мг/кг соответственно.

Закключение

В результате исследований в клубнях выявлено восемь различных антоцианов. После проведения масс-спектрометрии второго порядка, выделенные антоцианы идентифицированы как дельфинидин-3-глюкозид, дельфинидин-3-рамнозил-5-глюкозид, петунидин-3-глюкозид, мальвидин-3-глюкозид, цианидин-3-глюкозид, цианидин-3-рамнозил-5-глюкозид, пеларгонидин-3-глюкозид, петунидин-3-арабинозид. Установлено, что для клубней с розовой и красной кожурой характерно наличие пеларгонидин-3-глюкозида. Петунидин-3-глюкозид и цианидин-3-глюкозид обеспечивают фиолетовую окраску кожуры. Детекция антоцианового профиля в кожуре и мякоти клубня картофеля позволила выделить генотипы, являющиеся источниками повышенного содержания антоцианов: При-15-12-14 Purple potato Ч Манифест, При-14-52-2 Ломоносовский Ч Purple potato, которые находятся в питомниках конкурсного сортоиспытания. Выделенная группа сортообразцов рекомендуется для использования в диетическом питании и целенаправленном селекционном процессе.

• Литература

- Quina F.H., Moreira J.P.F., Vautier-Giongo C., Rettori D., Rodrigues R., A. Freitas et al. Photochemistry of anthocyanins and their biological role in plant tissues. *Pure Appl. Chem.* 2009;81(9):1687-1694. <https://doi.org/10.1351/PAC-CON-08-09-28>.
- Onslow M.W. The anthocyanin pigments of plants. Second ed. Cambridge: University Press; 2014.
- Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules.* 2014;19(10):16240-16265. <https://doi.org/10.3390/molecules191016240>.
- Kalita D., Jayanty S.S. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of colored potato tubers, pomegranate and blueberries. *J. Food Proc. Technol.* 2014;(5):358. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000358>.
- Schieber A., Saldana M.A. Potato peels: a source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds – a review. *Food.* 2009;3(2):23-29. <https://doi.org/10.7939/R33T9DM0H>.
- Zhang Y., Jung C.S., De Jong W.S. Genetic analysis of pigmented tuber flesh in potato. *Theor. Appl. Genet.* 2009;119(1):143-150. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1024-3>.
- Поливанова О.Б., Гинс Е.М. Антиоксидантная активность пигментированного картофеля (*Solanum tuberosum* L.), содержание антоцианов, их биосинтез и физиологическая роль. *Овощи России.* 2019;(6):84-90. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-84-90>. EDN ITVJJO.
- Eichhorn S., Winterhalter P. Anthocyanins from pigmented potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. *Food Res. Int.* 2005;38(8/9):943-948. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.03.011>.
- Козлова Л.Н., Пискун Г.И., Корзан А.А., Незаконова О.Б., Рядинская Е.А. Взаимосвязь между суммарной антиоксидантной способностью и морфологическими характеристиками клубней картофеля. *Картофелеводство.* 2020;27(2):37-41. EDN LNBJEK.
- Choi M.K., Park S.J., Eom S.H., Kang M.H. Anti-diabetic and hypolipidemic effects of purple-fleshed potato in streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Sci. Biotechnol.* 2013; 22: 1-6. <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0231-5>.
- Kaspar K.L., Park J.S., Brown C.R., Mathison B.D., Navarre D.A., Chew B.P. Pigmented potato consumption alters oxidative stress and inflammatory damage in men. *J. Nutr.* 2011;141:108-111. <https://doi.org/10.3945/jn.110.128074>.
- Lemos M.A., Aliyu M.M., Hungerford G. Influence of cooking on the levels of bioactive compounds in Purple Majesty potato observed via chemical and spectroscopic means. *Food Chem.* 2015;173:462-467. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.064>.
- Bellumori M., Innocenti M., Michelozzi M., Cerretani L., Mulinacci N. Coloured-fleshed potatoes after boiling: Promising sources of known antioxidant compounds. *J. Food Compos. Anal.* 2017;59:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.02.004>.
- Bellumori M., Nancy A., Silva Ch., Vilca L., Andrenelli L., Cecchi L. et al. A Study on the Biodiversity of Pigmented Andean Potatoes: Nutritional Profile and Phenolic Composition. *Molecules.* 2020;25(3169):1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules25143169>.
- Ezekiel R., Singh N., Sharma S., Kaur A. Beneficial phytochemicals in potato – a review. *Food Res. Int.* 2013;50:487-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.025>.
- Мелешина О.В., Мелешин А.А. Создание картофеля с повышенной антиоксидантной активностью – перспективное направление в селекции современных сортов. В кн.: Материалы научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля». М. 2018. С. 129-139. EDN XSIMQP.
- Гинс Е.М., Москалева Е.А., Поливанова О.Б., Митюшкин А.В., Симаков Е.А. Оценка содержания веществ с антиоксидантной активностью в образцах картофеля коллекции исходных родительских форм Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха. Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2020;15(3):242-252. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252>. EDN IHYMLA.
- Tian J., Chen J., Ye X., Chen S. Health benefits of the potato affected by domestic cooking: a review. *Food Chem.* 2016;202:165-175. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.120>.
- Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К. Синтез антоцианов у картофеля (*Solanum tuberosum* L.): генетические маркеры для направленного отбора. *Сельскохозяйственная биология.* 2017;52(1):37-49. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.1.37rus>. EDN YFQFCR.
- Feller A., Machemer K., Braun E.L., Grotewold E. Evolutionary and comparative analysis of MYB and bHLH plant transcription factors. *Plant J.* 2011;66(1) 94-116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2010.04459.x>.
- Andre C.M., Ourfir M., Guignard C., Hoffman L., Hausman J.F., Evers D. et al. Antioxidant profiling of native Andean potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) reveals cultivars with high levels of beta-carotene, alpha-tocopherol, chlorogenic acid, and petanin. *J. Agric. Food Chem.* 2007;55(26):10839-10849. <https://doi.org/10.1021/jf0726583>.
- Симаков Е.А., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин Ал-др В., Гайзатулин А.С. Сравнительная оценка исходного материала картофеля в селекции на повышение питательной ценности клубней. *Картофелеводство.* 2020;27(2):30-36.
- Ким И.В., Клыков А.Г. Перспективы развития картофелеводства на Дальнем Востоке. Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018;3(199):12-15. EDN VPWXQW.
- Lewis C.E., Walker J.R.L., Lancaster J.E., Sutton K.H. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in coloured potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *J. Sci. Food Agric.* 1998;77(1):45-57. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199805\)77:1<45::AID-JSFA1>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<45::AID-JSFA1>3.0.CO;2-S)

• References

- Polivanova O.B., Gins E.M. Antioxidant activity of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and anthocyanin content, its biosynthesis and physiological role. *Vegetable crops of Russia.* 2019;(6):84-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-84-90>. EDN ITVJJO.
- Kozlova L.N., Piskun G.I., Korzan A.A., Nezakonova O.B., Ryadinskaya E.A. Relationship between total antioxidant capacity and morphological characteristics of potatoes tubers. *Potato Growing.* 2020;27(2):37-41. (In Russ.) EDN LNBJEK.
- Meleshina O.V., Meleshin A.A. Creating potato with high antioxidant activity – promising direction in the breeding of modern varieties. In: Proceedings of the Scientific Conference “Modern state and prospects of the breeding and seed production of potato”. Moscow, 2018. P. 129-139. (in Russ.)
- Gins E.M., Moskalev E.A., Polivanova O.B., Mityushkin A.V., Simakov E.A. Antioxidant contents in potato cultivars from the collection of Russian Potato Research Center. *RUDN journal of agronomy and animal industries.* 2020;15(3):242-252. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252>. (In Russ.) EDN IHYMLA.
- Strygina K.V., Khlestkina E.K. Anthocyanins synthesis in potato (*Solanum tuberosum* L.): genetic markers for smart breeding. *Agricultural Biology.* 2017;52(1):37-49. doi: 10.15389/agrobiol.2017.1.37rus. (In Russ.) EDN YFQFCR.
- Simakov E.A., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin A.V., Gayzatulin A.S. Comparative evaluation of potatoes basic material in breeding to increase tubers nutrient quality. *Potato Growing.* 2020;27(2):30-36. (In Russ.)
- Kim I.V., Klykov A.G. The development prospects of the potato breeding in the Far East. *Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences.* 2018;3(199):12-15. (In Russ.) EDN VPWXQW.

Об авторах:

Ирина Вячеславовна Ким – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории диагностики болезней картофеля, автор для переписки, kimira-80@mail.ru, SPIN-код: 4991-4382, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Алексей Григорьевич Клыков – доктор биол. наук, академик РАН, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, SPIN-код: 2857-8546, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

About the Authors:

Irina V. Kim – Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Laboratory for Diagnostics of Potato Diseases, Correspondence Author, kimira-80@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Alexey G. Klykov – Dr. Sci. (Biology), Academician of RAS, Head of the Department of the Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>



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.



Пастернак Белый аист, Жемчуг, репа Петровская 1, свекла столовая Нежность, морковь Нантская 4

на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com