

Овощи России

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

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

6 2024

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal



Потому что еда
нужна каждому

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И СЕРВИСЫ



МультиСтарт
NPKS 15:15:15+11+БИО



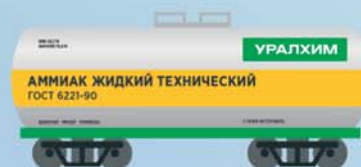
МультиСтарт
NPKS 8:20:30+3+БИО



NPKS 27:6:6:2



Сульфонитрат
NS 30:7



Жидкий аммиак

Набор сервисов от «УРАЛХИМ», созданный совместно с компанией



digitalagro.ru



Аудит предприятий



Агроконсалтинг



Агролаборатория



Скаутинг

АО «ОХК «УРАЛХИМ»

| 7 (495) 721 89 89

| marketing@uralchem.com

| domestic@uralchem.com

uralchem.ru

agro.uralchem.ru

на правах рекламы



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

Подробная информация на 144-145 стр.

С Новым годом!

Тихой поступью, неслышно
К нам шагает Новый год!
И в грядущее неспешно
Он нас скоро позовет.

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Искренне, от всей души поздравляем вас с наступающим Новым 2025 годом! Новый год – праздник, объединяющий нас всех, он поистине народный, при этом волшебный и по-семейному уютный.

Аромат хвои и мандаринов вновь подарит нам чудесные, с детства знакомые ощущения, и снова мы загадаем желания и поверим в чудо, волшебство! И пусть оно обязательно произойдёт, а все желания сбудутся! Желаем вам крепкого здоровья, творческой мысли и созидательной энергии на благо нашего будущего!

Всем нам искренне хочется, чтобы мир стал добрее, радушнее. Как сказал один известный путешественник: «Все люди добрые, надо только сказать им об этом». Давайте делать сами это чудо добра, будем поддерживать друг друга: в семье, в коллективе, и тогда всё изменится к лучшему! И пусть наступающий год будет счастливым и радостным, полон тепла и света, ярких Побед и славных событий!

Счастливого Нового года и светлого Рождества!

Коллектив ФГБНУ
«Федеральный научный центр овощеводства»

31 декабря 2024 года

Александр Твардовский

«Утро»

Кружась легко и неумело,
Снежинка села на стекло.
Шёл ночью снег густой и белый –
От снега в комнате светло.
Чуть порошит пушок летучий,
И солнце зимнее встаёт.
Как каждый день – полней и лучше,
Да будет лучше новый год!



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, директор, Научно-исследовательский институт защиты растений и технических культур МСХ Азербайджанской Республики

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

© ФГБНУ ФНЦО, оформление макета, 2024

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

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

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

Тираж 100 экземпляров.

Периодичность: 6 раз в год.

Дата выхода в свет: 29.11.2024

Отпечатано в типографии:

Акционерное общество

«Соломбальская типография».

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

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

Цена свободная.

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

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

биологии, биотехнологии, интродукции и др.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License



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

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

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

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

Russian Science
Citation Index

OPEN
ACCESS

We are
Crossref
Member

AGRIS

EBSCOhost

Editor in chief

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

Agnieszka 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), Scientific Research Institute of Plant Protection
and Technical Plants of the Ministry of Agriculture Republic of Azerbaijan

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

Vladimir V. Skorina – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Department of fruits-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,
RUDN University, Moscow, Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Photographing: Alexey P. Lebedev (FSBSI FSVC)

©FSBSI FSVC, Layout Design, 2024

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

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

Publication Frequency: 6 issue per year. Free price. 100 copies. Published: 29.11.2024

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.

Russian Science
Citation Index

OPEN
ACCESS

We are
Crossref
Member

AGRIS

EBSCOhost

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Фомичева М.Г., Костенко Г.А., Домблдес А.С.**Ускорение селекции устойчивых к фузариозу линий капусты белокочанной (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) за счет использования ДН-линий и маркер-ассоциированной селекции. 5**Ражина О.Л., Лебедева М.В., Черняев К.А., Игнатов А.Н., Джалилов Ф.С-У., Таранов В.В.**Распространение генов TAL-эффекторов среди *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: поймай меня, если сможешь. 11**Демиденко Е.В., Игнатова С.И.**

Гибридное семеноводство томата в защищенном грунте. 17

Вострикова Т.В., Богомолов М.А., Сенютин А.А., Путилина Л.Н.

Селекция свеклы сахарной на устойчивость к абиотическим факторам среды. 22

Марчева М.М., Середин Т.М., Кайгородова И.М., Солдатенко А.В., Баранова Е.В.Приоритетные направления селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.). 30**САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Бочарова М.А., Терехова В.И.**

Продуктивность огурца в зависимости от использования микробиологических препаратов. 44

Паркина О.В., Якубенко О.Е., Нгуен Н.Т.

Адаптивная способность и экологическая стабильность некоторых сортов фасоли в условиях западной лесостепи Приобья. 52

Гаплаев М.Ш., Нечаева С.Л.

Факторы, повышающие продуктивность баклажана при выращивании безрассадным способом в орошаемых условиях Астраханской области. 58

Муканов М.В., Гулин М.А.

Агроэкономическая оценка эффективности применения регуляторов роста растений и микроудобрений при возделывании перца сладкого на семена в условиях орошения Астраханской области. 63

Шабанов Т.Ю.

Геоэкономическое моделирование: юго-западный тренд овощеводства России. 69

Голубкина Н.А., Немтинов В.И., Терешонок В.И.

Чеснок и продукты его переработки, перспективы использования. 75

Девочкина Н.Л., Сурихина Т.Н., Иванова М.И.

Статус производства грибов: глобальный и национальный сценарий. 84

Шабанов Т.Ю.

Искусственный интеллект в овощеводстве России: проблемы и перспективы. 93

Маркарова А.Э., Маркарова М.Ю., Надежкин С.М.

Эффективность использования биостимуляторов на капусте белокочанной в Нечерноземной зоне Российской Федерации. 98

Ступина А.Ю., Прудников П.С.Воздействие препарата «Эпин-экстра» на повышение устойчивости сортов *Fragaria* × *ananassa* Duch. к весенним заморозкам. 106**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А., Меркурьев Н.В.**Влияние долгосрочного хранения на жизнеспособность и свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. 111**Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Мухина К.С., Енгальчева И.А.**Влияние *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* на функциональные характеристики микрогаметофита сортов свеклы столовой с разным уровнем устойчивости к бактериозу. 117**МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА****Дубенок Н.Н., Гжибовский С.А., Гемонов А.В.**

Исследование и режим работы комбинированной системы капельного орошения с аэрозольным увлажнением для возделывания черешневого сада. 128

Невенчанная Н.М., Шаяхметов М.Р., Шойкин О.Д.

Особенности химического состава воды озера Эбейты Омской области и характеристика почвенного покрова. 137

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**Fomicheva M.G., Kostenko G.A., Domblides A.S.**Marker-assisted selection and DH-technology utilized to accelerate fusarium-resistant cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) line development. 5**Razhina O.L., Lebedeva M.V., Cherniaev K.A., Ignatov A.N., Dzhaliylov F.S., Taranov V.V.**TAL-effectors occurrence among *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: catch me if you can. 11**Demidenko E.V., Ignatova S.I.**

Hybrid tomato seed production in protected ground. 17

Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Senyutin A.A., Putilina L.N.

Breeding sugar beet for the resistance to abiotic environmental factors. 22

Marcheva M.M., Seredin T.M., Kaigorodova I.M., Soldatenko A.V., Baranova E.V.Priority directions of onion breeding (*Allium cepa* L.). 30**HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS****Bocharova M.A., Terekhova V.I.**

Cucumber productivity depending on the use of microbiological preparations. 44

Parkina O.V., Yakubenko O.E., Nguyen N.T.

Adaptive capacity and ecological stability of some bean varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe of the Priobye region. 52

Gaplaev M.Sh., Nechaeva S.L.

Factors increasing productivity of aubergine under seedless cultivation in irrigated conditions of Astrakhan region. 58

Mukanov M.V., Gulin M.A.

Agroeconomical assessment of the effectiveness of the use of plant growth regulators and micronutrients in the cultivation of sweet pepper for seeds in irrigation conditions of the Astrakhan region. 63

Shabanov T.Yu.

Geeconomic modelling: southwestern trend of vegetable growing in Russia. 69

Golubkina N.A., Nemtinov V.I., Tereshonok V.I.

Garlic and its processing products, prospects of their utilization. 75

Devochkina N.L., Surikhina T.N., Ivanova M.I.

Status of mushroom production: global and national scenario. 84

Shabanov T.Yu.

Artificial intelligence in vegetable growing in Russia: problems and prospects. 93

Markarova A.E., Markarova M.Yu., Nadezhkin S.M.The influence of biostimulations on the yield and quality of *Brassica oleracea* hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. 98**Stupina A.Yu., Prudnikov P.S.**The effect of the drug "Epin-extra" on increasing the resistance of *Fragaria × ananassa* Duch. varieties to spring frosts. 106**AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE****Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Merkuriev N.V.**The effect of longterm storage on the viability and properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains of the Phytopathogenic Microorganisms State Collection of ARRIP. 111**Vetrova S.A., Kozar E.G., Muhina K.S., Engalycheva I.A.**The influence of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* on the functional characteristics of the microgametophyte of beetroot varieties with different levels of resistance to bacteriosis. 117**IRRIGATION ENGINEERING, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS****Dubenok N.N., Gzhibovsky S.A., Gemonov A.V.**

Research of the operating modes of a combined drip irrigation system with aerosol irrigation for cultivating a cherry orchard. 128

Nevenchannaya N.M., Shayakhmetov M.R., Shoykin O.D.

Features of the chemical composition of water in lake Ebeyty Omsk region and characteristics of soil cover. 137

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-5-10>
УДК: 635.342:631.524.86

М.Г. Фомичева ^{1*}, Г.А. Костенко ²,
А.С. Домблидес ¹

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 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: maria.fomicheva.1@yandex.ru

Вклад авторов: Фомичева М.Г.: концептуализация, проведение исследования, анализ данных, создание рукописи; Костенко Г.А.: концептуализация, проведение исследования, анализ данных, создание рукописи; Домблидес А.С.: ресурсы, курирование данных, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Домблидес А.С. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2023 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Фомичева М.Г., Костенко Г.А., Домблидес А.С. Ускорение селекции устойчивых к фузариозу линий капусты белокочанной (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) за счет использования ДН-линий и маркер-ассоциированной селекции. *Овощи России*. 2024;(6):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-5-10>

Поступила в редакцию: 25.10.2024

Принята к печати: 25.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Maria G. Fomicheva ^{1*}, Galina A. Kostenko ²,
Arthur S. Dombldes ¹

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

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

*Corresponding Author:

maria.fomicheva.1@yandex.ru

Authors Contribution: Fomicheva M.G.: conceptualization, conducting the study, data analysis, writing the manuscript; Kostenko G.A.: conceptualization, conducting the study, data analysis, writing the manuscript; Dombldes A.S.: resources, data curation, manuscript editing.

Conflict of interest. Dombldes A.S. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2023, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Fomicheva M.G., Kostenko G.A., Dombldes A.S. Marker-assisted selection and DH-technology utilized to accelerate fusarium-resistant cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) line development. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-5-10>

Received: 25.10.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

Published: 29.11.2024

Ускорение селекции устойчивых к фузариозу линий капусты белокочанной (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) за счет использования ДН-линий и маркер-ассоциированной селекции

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Применение современных биотехнологических методов в селекции, а именно технологии удвоенных гаплоидов и маркер-опосредованной селекции может существенно сократить время создания гомозиготных селекционных линий и отбор тех из них, которые обладают ценными сельскохозяйственными свойствами. Фузариозное увядание является одним из экономически важных заболеваний капусты белокочанной, поэтому отработка метода отбора удвоенных гаплоидных растений, устойчивых к фузариозу с помощью молекулярно-генетических маркеров может позволить быстро получать чистые линии, устойчивые к фузариозу, при этом анализ возможно проводить на любой стадии развития растения.

Материал и методы. Для тестирования эффективности маркера *FocBNUf/r* к полиморфному участку гена *FocBo1*, позволяющему различать устойчивые и восприимчивые генотипы, использовали проверенные на инфекционном фоне *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* гибриды Герцогиня F₁, Поиск 2018 F₁ (устойчивые образцы, оригинатор – Агрофирма «Поиск») и Слава 1305 (восприимчивый образец, оригинатор – Федеральный научный центр овощеводства). Маркер *FocBNU* был применен для анализа 60 удвоенных гаплоидов 12 различных генотипов.

Результаты. Было продемонстрировано, что маркер *FocBNUf/r* эффективно дифференцирует устойчивые и неустойчивые образцы. Были получены удвоенные гаплоиды из 12 различных селекционных образцов. ПЦР-тестирование удвоенных гаплоидов на устойчивость к фузариозу позволило отобрать в 8 генотипах 6,7-100% растений с наличием гена устойчивости к фузариозу в гомозиготном состоянии. Были отобраны удвоенные гаплоиды 4 генотипов, которые не несли гена устойчивости.

Заключение. Маркер *FocBNUf/r* позволяет эффективно выявлять устойчивые и восприимчивые образцы, а также различать гомозиготные и гетерозиготные растения. Маркер *FocBNUf/r* был применен для отбора устойчивых удвоенных гаплоидов капусты белокочанной на стадии рассады. Таким образом, удалось не только ускорить получение чистых линий за счет получения удвоенных гаплоидов, но и ускорить отбор ценных образцов, несущих ген устойчивости к фузариозу, позволяя избежать трудоемкий этап отбора устойчивых линий на инфекционном фоне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

молекулярно-генетические маркеры, ПЦР, фузариозное увядание, *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, капуста белокочанная, удвоенные гаплоиды

Marker-assisted selection and DH-technology utilized to accelerate fusarium-resistant cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) line development

ABSTRACT

Relevance. The use of modern biotechnological methods in breeding, namely the doubled haploid technology and marker-assisted selection, can significantly reduce the time for creating pure lines with valuable properties. *Fusarium* wilt is one of the economically important diseases of white cabbage. Therefore, the development of a MAS method for selecting doubled haploids resistant to *fusarium* wilt would allow fast selection of resistant pure lines. Moreover, the resistance testing can be done at any plant developmental stage.

Materials and methods. The response of hybrids Gertsoginya F₁, Poisk 2018 F₁ (resistant samples, the originator – the Agrofirma "Poisk") and Slava 1305 (susceptible sample, the originator – Federal Scientific Vegetable Center) towards *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* infection was determined by evaluating their growth on the inoculated soil. To test the efficiency of the *FocBNUf/r* marker to the polymorphic region of the *FocBo1* gene, the markers were tested on resistant and susceptible genotypes. Then the markers were applied to analyze 60 doubled haploids of 12 different genotypes.

Results. It was demonstrated that the *FocBNUf/r* marker effectively differentiated resistant and susceptible samples. Doubled haploids were obtained from 12 different breeding samples for *FocBNUf/r* marker-based selection of *fusarium* wilt resistant plants. PCR testing of doubled haploids for *fusarium* resistance allowed us to select 6.7-100% of plants with the *fusarium* resistance gene in a homozygous state in 8 genotypes. 4 genotypes of doubled haploids that did not carry the resistance gene were eliminated from the breeding program.

Conclusion. The *FocBNUf/r* marker effectively identified resistant and susceptible samples, as well as differentiates homozygous and heterozygous plants. *FocBNUf/r* marker was used to select resistant doubled haploids of white cabbage at the seedling stage. Thus, it was possible not only to accelerate the production of pure lines by obtaining doubled haploids, but also to accelerate the selection of valuable samples carrying the gene of resistance to *fusarium*, which makes it possible to avoid the labor-intensive selection of resistant lines on inoculated soil.

KEYWORDS:

molecular markers, PCR, *Fusarium* wilt, *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, white cabbage, doubled haploids

Введение

Капуста белокочанная *Brassica oleracea* var. *capitata* L. является одной из основных овощных культур благодаря высоким показателям пищевой ценности, а также высокой урожайности [1]. Одной из основных причин, снижающих урожайность капусты белокочанной, являются болезни, в частности, фузариоз, вызываемый грибом *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* [2, 3]. Возбудитель фузариоза вызывает пожелтение листьев и потерю ими тургора. На просвет и на срезе видно потемнение сосудов листьев. При развитии заболевания растения замедляют рост, теряют товарный вид и зачастую погибают, что приводит к значительной потере урожая [3]. Выведение устойчивых сортов и гибридов капусты является самым надежным способом борьбы с фузариозом, однако традиционные методы отбора устойчивых растений капусты при выращивании образцов на инфекционном фоне очень трудоемки, поэтому ускоренное получение гомозиготного селекционного материала с помощью технологии удвоенных гаплоидов и использование молекулярных маркеров для выявления устойчивых образцов облегчило бы задачу селекции новых устойчивых сортов и гибридов.

Для ускорения селекции образцов с заданными признаками все больше начинают применять молекулярно-генетические маркеры. Разрабатываются и испытываются маркеры для выявления признаков стерильности [4, 5], устойчивости к гербицидам [6] и болезням [7, 8, 9, 10], маркеры для определения содержания различных веществ [11] и другие. Маркер-ассоциированная селекция может применяться на любой стадии развития растения и не занимает продолжительного времени. Кроме того, можно протестировать наличие целого ряда различных признаков на одних и тех же образцах за короткий срок.

Изучение наследования устойчивости к фузариозу показало, что существует два типа устойчивости. Первый тип (А) обусловлен одним доминантным геном *FocBo1*, который дает стабильную устойчивость к *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Второй вид устойчивости (В) наследуется несколькими генами и обеспечивает резистентность только при температурах ниже 24°C [12]. Первый тип устойчивости является наиболее часто используемым в селекционных программах. В последние годы были разработаны различные маркеры, сцепленные с геном устойчивости к фузариозу [13, 14, 15]. Также был разработан маркер МТК-С, комплементарный той части гена *FocBo1*, которая различается между устойчивыми и восприимчивыми аллелями гена (*FocBo1* и *focBo1*, соответственно) [16]. Однако впоследствии было установлено, что данный маркер дает ошибочную оценку наличия или отсутствия устойчивости в 9,6% протестированных линий [17]. Было проанализировано большое число устойчивых и восприимчивых образцов различных морфотипов *B. oleracea* L., и был выявлен высокий уровень полиморфизма гена *FocBo1*: были обнаружены 2 устойчивые и 6 неустойчивых аллелей. Авторы исследования сравнили последовательности всех найденных вариантов гена, обнаружили SNP в интроне 3, который позволял различить устойчивые и неустойчивые аллели, и разработали CAPS маркер к нему (*FocBNUf/r*) [17].

Целью исследования было протестировать эффективность дифференциации устойчивых и неустойчивых образцов отечественной селекции с помощью CAPS

маркера *FocBNUf/r*. Также была поставлена цель апробировать данный маркер для ускоренного отбора устойчивых к фузариозу удвоенных гаплоидов капусты белокочанной.

Материалы и методы исследований

В качестве образцов устойчивых к фузариозу были взяты гибриды капусты белокочанной Герцогиня F₁ и Поиск 2018 F₁ (оригинатор – Агрофирма «Поиск»); а в качестве восприимчивого – Слава 1305 (оригинатор – Федеральный научный центр овощеводства). Оценку данных образцов на устойчивость к фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*) проводили согласно методическим рекомендациям на искусственном инфекционном фоне, созданном на основе расы Foc 1 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* [18].

Семена устойчивых и восприимчивых образцов капусты белокочанной высевали в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой и проращивали при естественном освещении в течение 7 дней.

Удвоенные гаплоидные линии (DH-линии) капусты белокочанной получали методом культивирования изолированных микроспор капусты [19, 20]. Бутоны, прошедшие предобработку низкой температурой (7-10°C) стерилизовали гипохлоритом натрия (50% раствором коммерческого препарата «Белизна») с 2 каплями Tween 20 в течение 12-15 минут, затем трижды отмывали дистиллированной водой. Затем из бутонов выделяли микроспоры на магнитной мешалке в промывочной среде NLN-13. Микроспоры профильтровывались с помощью нейлонового фильтра (диаметр пор 40 мкм) и трижды отмывали в промывочной среде NLN-13 с помощью центрифугирования (100-130 г в течение 5 минут). Выделенные микроспоры помещали в 60 мм чашки Петри со средой NLN-13, инкубировали при 32°C в течение 36 часов, а затем переносили в шейкер-инкубатор и культивировали в темноте при комнатной температуре в течение месяца. Регенерирующие эмбриониды переносили на твердую 1/2 МС с 2% сахарозой и пересаживали до формирования полноценных растений с несколькими листьями и корнями. На этом этапе растения переносили из условий *in vitro* в горшки с торфом для адаптации к внешним условиям. Пloidность растений тестировали с помощью метода проточной цитометрии: ядра, выделенные из растения-стандарта (капуста белокочанная, выращенная из семян) и растений-регенерантов с помощью разрезания листьев бритвой с последующей фильтрацией через фильтры 30 мкм (Miltenyi Biotec), окрашивали пропидием иодидом (Sigma) и анализировали на проточном цитометре (CytoFLEX, Beckman Coulter), согласно методике, описанной ранее [21]. Для дальнейшей работы использовали только диплоидные растения.

Для выделения ДНК проростки капусты или фрагменты настоящих листьев удвоенных гаплоидов помещали в 2 мл пробирки с буфером CTAB [22] и измельчали на гомогенизаторе TissueLyser LT (Qiagen). Далее ДНК выделяли согласно протоколу CTAB метода [22]. Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержала 20 нг ДНК, 2,75 мМ MgCl₂, 0,5 мМ каждого праймера (Синтол) и 3 мкл 5x MasDDTaqMIX-2025 (Диалат), включающего в себя ПЦР буфер, ДНК полимеразу и dNTPs. Данные по используемым праймерам указаны в таблице 1. ПЦР реакцию проводили в амплификаторе Bio-Rad T100 (Bio-Rad, США) по следующей программе: 3 мин 95°C, 35 циклов [30 с 95°C, 30 с 56°C,

1 мин 72°C], 5 мин 72°C. Продукты амплификации разрезали эндонуклеазой рестрикции EcoRV следующим образом: реакционная смесь объемом 20 мкл содержала 10 мкл ПЦР реакции, 2 мкл SE-buffer W 10x (СибЭнзим), 0,2 мкл 10 мг/мл BSA (СибЭнзим), 0,5 мкл 20000 е.а./мл EcoRV (СибЭнзим), 7,3 мкл воды MilliQ. Реакционную смесь инкубировали при 37°C 2 часа. Далее полученные рестрикционные фрагменты ДНК разделяли путем электрофореза в 1,5% агарозном геле с добавлением бромистого этидия. Агарозные гели анализировали с помощью трансиллюминатора «Квант-С» (Хеликон, Россия) и гель-документирующей системы «Взгляд» (Хеликон, Россия).

Из отобранных устойчивых и неустойчивых образцов капусты белокочанной была выделена ДНК для молекулярно-генетического анализа. Испытывались праймеры *FocBNUf* и *FocBNUr*, которые амплифицировали участок гена *FocBo1* размером 1075 п.о., имеющие единичные полиморфизмы последовательности (SNP), различающиеся в устойчивых и восприимчивых образцах. В устойчивом образце фрагмент 1075 п.о. разрезается рестриктазой EcoRV на фрагменты 810 и 265 п.о. (табл. 1), в то время как в восприимчивом образце остается без изменений [17].

ПЦР анализ устойчивых линий с помощью маркера *FocBNUf/r* с последующим разрезанием продуктов ПЦР с рестриктазой EcoRV показал, что во всех протестирован-

Таблица 1. Используемые в исследовании праймеры к гену *FocBo1*.
Table 1. Information about the primers targeting *FocBo1* used in the current study.

Название праймера	Последовательность 5'-3'	Тотжиг	Энзим	Размер продукта в образце		Источник
				устойчивый	восприимчивый	
<i>FocBNUf</i>	AGATTGTGCAATTAACGCGACG	56°C	EcoRV	810 + 265 п.о.	1075 п.о.	[17]
<i>FocBNUr</i>	CATCCTCAGATTCCAAGCACAAC					

Результаты исследований и их обсуждение

Растения образцов Герцогиня F₁ и Поиск 2018 F₁ при заражении на инфекционном фоне *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* показали себя как устойчивые. Подавляющая часть растений сорта Слава 1305 погибала после заражения (рис. 1).



Рис. 1. Тестирование растений капусты на инфекционном фоне *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Слева – восприимчивые растения погибают от поражения фузариозом.

Справа – устойчивые образцы

Fig. 1. White cabbage plants infected by *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Susceptible plants are shown on the left. The resistant plants are shown on the right.

ных устойчивых растениях капусты происходило разрезание ПЦР продукта рестриктазой EcoRV на фрагменты 810 и 265 п.о. (рис. 2), в полном соответствии с результатами Sato с соавторами для устойчивых к фузариозу линий [17].

В неустойчивом образце Слава 1305 из 9 растений в 6 растениях не происходило разрезания ПЦР продукта размером 1075 п.о., показывая ожидаемое отсутствие устойчивой аллели. Однако также было обнаружено 2 гетерозиготных растения с восприимчивой и устойчивой аллелью – 1075 и 810+265 п.о., соответственно (рис. 3). Ген *FocBo1* является доминантным, но в гетерозиготе растения становятся более чувствительными к поражению фузариозом при высоких температурах [23]. Помимо этого, в выборке присутствовало одно гомозиготное устойчивое растение с фрагментами 810 и 265 п.о. Следовательно, в сорте Слава 1305 могут встречаться растения, имеющие одну или обе копии гена устойчивости, то есть Слава 1305 представляет собой гетерогенную популяцию по данному признаку. ПЦР анализ подобных разнородных популяций может быть использован для последующего отбора исходных форм для создания улучшенного сорта, устойчивого к фузариозному увяданию. Необходимо отметить, что первоначально, устойчивые к фузариозу растения белокочанной капусты также были отобраны из отдельных растений в популяциях сортотипов Hollander, Danish Ball Head, All Seasons и Brunswick [24].

Полученные данные показали, что маркер *FocBNUf/r* эффективно дифференцирует устойчивые и неустойчивые образцы, выявляя гомозиготные и гетерозиготные растения.

Для ускорения селекции данный маркер был применен к удвоенным гаплоидам капусты белокочанной, полученным из различных сортов и гибридов отечественной и зарубежной селекции (рис. 4А). ДН-линии были получены при культивировании микроспор селекционных образцов. ДНК выделялась из листьев 60 растений-регенерантов, и далее проводилась ПЦР с праймерами *FocBNUf/r* (рис. 4Б).

В результате проведенных исследований по изучению 60 ДН-линий из 12 генотипов различного срока созревания на устойчивость к фузариозу в 8 образцах отобрано

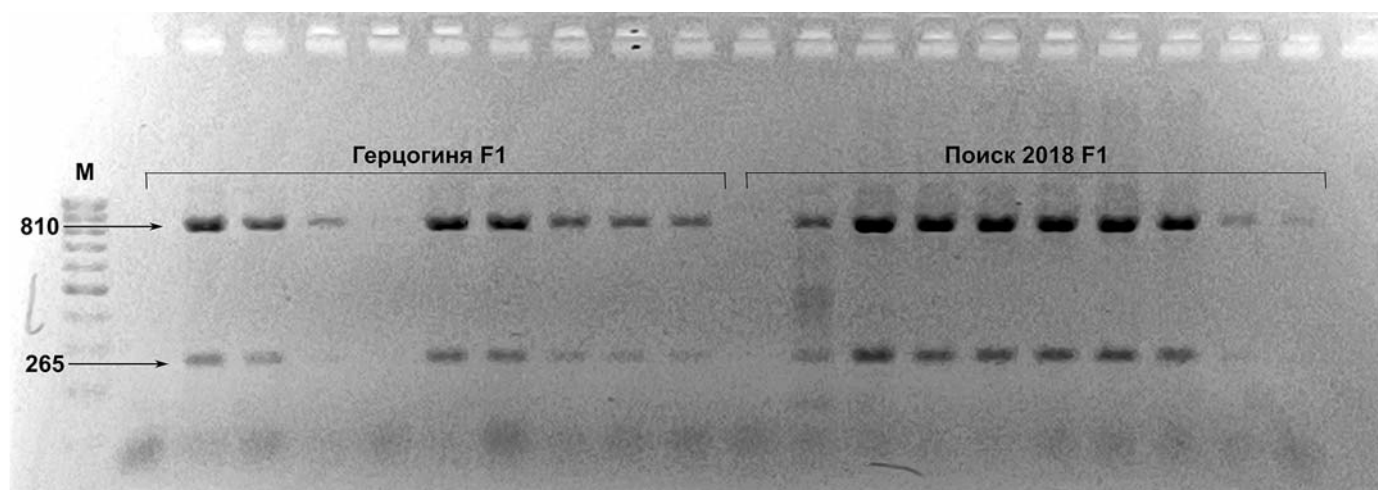


Рис. 2. ПЦР анализ двух устойчивых гибридов капусты белокочанной Герцогиня F₁ и Поиск 2018 F₁ с помощью маркера FocBNUf/r. В устойчивых образцах ПЦР фрагмент разрезается рестриктазой EcoRV на 2 фрагмента длиной 810 и 265 п.о. (указано стрелками). М – маркер длины.
Fig. 2. PCR analysis of two resistant white cabbage hybrids Gertsoginya F₁ and Poisk F₁ with FocBNUf/r primers. In the resistant samples, the PCR product was cut into fragments of 810 and 265 bp. The fragments are indicated by arrows. M - the DNA ladder.

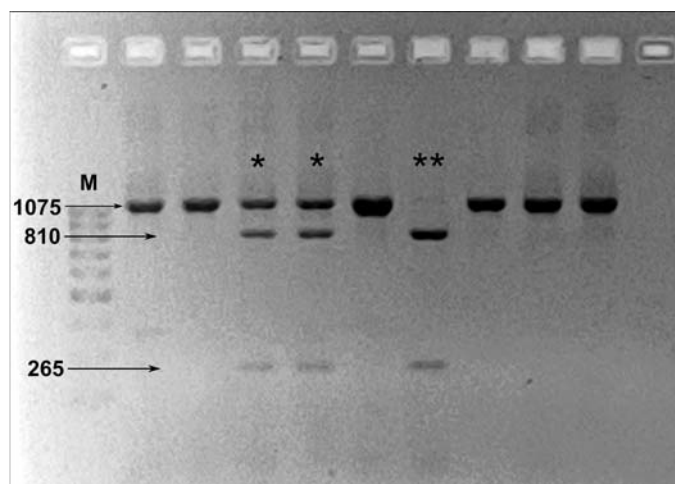


Рис. 3. ПЦР анализ восприимчивого образца капусты белокочанной Слава 1305 с помощью праймеров FocBNUf/r с последующей инкубацией ПЦР продуктов с рестриктазой EcoRV. В данном образце встречались неустойчивые растения, с ПЦР продуктами, которые не разрезались рестриктазой EcoRV (1075 п.о.), гетерозиготные образцы с фрагментами 1075, 810 и 265 п.о. (указано астерисками), а также устойчивый образец с фрагментами 810 и 265 п.о. (указано двойным астериском). Фрагменты указаны стрелками. М – маркер длины.
Fig. 3. PCR analysis of a susceptible white cabbage accession Slava 1305 with FocBNUf/r primers followed by incubation of PCR products with EcoRV restriction enzyme. The sample contained susceptible plants with PCR products that were not digested by the restriction enzyme EcoRV (1075 bp), heterozygous samples with 1075, 810 and 265 bp fragments (indicated by asterisks), as well as a resistant sample with 810 and 265 bp fragments (indicated by a double asterisk). The fragments are indicated by arrows. M - the DNA ladder

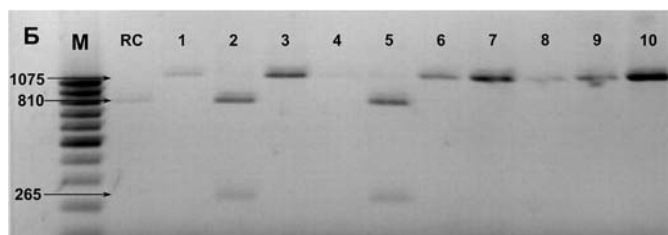


Рис. 4. Анализ ДН-линий капусты белокочанной на устойчивость к фузариозу. А. Внешний вид удвоенных гаплоидов, прошедших этап адаптации к условиям ex vitro. Б. Пример ПЦР анализа удвоенных гаплоидов генотипа 2302 на устойчивость к фузариозу. Обнаруживаются гомозиготные неустойчивые (1075 п.о.), и устойчивые (810 и 265 п.о.) генотипы. RC – устойчивый контроль Герцогиня F₁. М – маркер длины.
Fig. 4. The identification of fusarium resistance gene in cabbage doubled haploids. A. Doubled haploid regenerants after adaptation to ex vitro conditions. B. An example of PCR analysis of doubled haploids with fusarium resistance gene markers. Homozygous susceptible (1075 bp) and resistant (810 and 265 bp) genotypes were detected. RC - resistant control. M - the DNA ladder.

6,7-100% растений с наличием гена устойчивости к *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* в гомозиготном состоянии для дальнейшей работы (табл. 2). Наибольшее количество устойчивых растений отмечено у удвоенных гаплоидов генотипов 100, 1, 2306 – 100%. Всего выделено 18 растений удвоенных гаплоидов (38,6%). Полученные удвоенные гаплоиды генотипов 2307, 2308, 2403, 2406 не перспективны в работе на устойчивость по изучаемому признаку. Как и ожидалось, гетерозиготное состояние гена *FocBo1* не обнаруживалось ни в одном из протестированных удвоенных гаплоидов.

Таблица 2. Устойчивость и восприимчивость удвоенных гаплоидов капусты белокочанной к *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* согласно ПЦР анализу на наличие гена устойчивости к фузариозу
 Table 2. Resistance and susceptibility of doubled haploids of white cabbage to *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* according to PCR analysis revealing yellows resistance gene

Генотип	Изучено ДН-линий, шт.			%	
	всего	восприимчивых	устойчивых	восприимчивых	устойчивых
102-21	4	3	1	75	25
100	1	0	1	0	100
1	6	0	6	0	100
2	3	1	2	33,3	66,7
3	2	1	1	50,0	50,0
2302	20	17	3	85,0	15,0
2303	15	14	1	93,3	6,7
2306	3	0	3	0	100
2307	1	1	0	100	0
2311	1	1	0	100	0
2406	1	1	0	100	0
2403	3	3	0	100	0
Итого	60	42	18	61,4	38,6

Закключение

В результате проведенных исследований было показано, что маркер *FocBNuf/r* эффективно различает устойчивые и восприимчивые гибриды и сорта отечественной селекции. Ввиду того, что маркер является кодоминантным, он позволяет обнаруживать обе аллели и различать гомозиготные и гетерозиготные образцы. ПЦР-тестирование удвоенных гаплоидов на устойчивость к *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* позволило отобрать в 8 образцах 6,7-100% растений с наличием гена устойчивости к фузариозу в гомозиготном состоянии, а также

отбраковать удвоенные гаплоиды 4 генотипов как не перспективные для отбора на устойчивость по изучаемому признаку. Таким образом, селекция ускоряется не только за счет получения полностью гомозиготных линий – удвоенных гаплоидов – но и за счет отбора образцов, несущих необходимый признак, а именно, устойчивость к фузариозу, на ранней стадии развития растения. Разработка и апробация молекулярных маркеров к другим ценным генам позволит делать более эффективный отбор растений с интересующими селекционера признаками и ускорить селекционный процесс.

• Литература / References

1. Пивоваров В.Ф., Бондарева Л.Л. Основные направления и результаты селекции семеноводства капустных культур во ВНИИССОК. *Овощи России*. 2013;(3):4-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-4-9> <https://www.elibrary.ru/rbjtkn> [Pivovarov V.F., Bondareva L.L. Main achievements of breeding and seed production of cole crops in VNISSOK. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(3):4-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-4-9> <https://www.elibrary.ru/rbjtkn>]
2. Priyamedha, Ram B., Kumar A., Sharma H. K., Singh V. V. Genetics and Genomic Approaches for Disease Resistance in Brassicas. In *Brassica Improvement*, S. H. Wani, A. K. Thakur, and Y. Jeshima Khan, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020. pp. 147–157. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34694-2_8
3. Koike S.T., Subbarao K.V., Davis R.M., Turini T.A. *Vegetable Diseases Caused by Soilborne Pathogens*. University of California Agriculture and Natural Resources 2003. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8099>
4. Домблидес Е.А., Домблидес А.С., Заячковская Т.В., Бондарева

- Л.Л. Определение типа цитоплазмы у растений семейства капустные (*Brassicaceae* Burnett) с помощью ДНК маркеров. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(5):529–537. <https://doi.org/10.18699/VJ15.069> <https://www.elibrary.ru/vdublx> [Domblides E.A., Domblides A.S., Zayachkovskaya T.V., Bondareva L.L. Identification of cytoplasm types in accessions of the family Brassicaceae (*Brassicaceae* Burnett) with DNA markers. *Vavilov J. Genet. Breed.* 2015;19(5):529–537. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ15.069> <https://www.elibrary.ru/vdublx>]
5. Zhao H.X., Li Z.J., Hu S.W., Sun G.L., Chang J.J., Zhang Z.H. Identification of cytoplasm types in rapeseed (*Brassica napus* L.) accessions by a multiplex PCR assay. *Theor. Appl. Genet.* 2010;121(4):643–650. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1336-3>
 6. Kozar E.V., Domblides E.A. Imidazolinone Resistance in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.): Current Status, Breeding, Molecular Markers and Prospects for Application in Hybrid Seed Purity Improvement. *Horticulturae*. 2024;10(6):553. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060553>
 7. Afrin K.S., Rahim A., Natarajan S. Screening of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) Germplasm for Resistance to Black Rot. *Plant Breed. Biotechnol.* 2018;6(1):30–43. <https://doi.org/10.9787/PBB.2018.6.1.30>

8. Kifuji Y., Hanzawa H., Terasawa Y., Ashutosh, Nishio T. QTL analysis of black rot resistance in cabbage using newly developed EST-SNP markers. *Euphytica*. 2013;190(2):289–295.
<https://doi.org/10.1007/s10681-012-0847-1>
9. Kawasaki M., Ohara T., Ishida M., Takahata Y., Hatakeyama K. Development of novel clubroot resistant rapeseed lines (*Brassica napus* L.) effective against Japanese field isolates by marker assisted selection. *Breed. Sci.* 2021;71(5):528–537.
<https://doi.org/10.1270/jsbbs.21014>
10. Pang W., Fu P., Li X., Zhan Z., Yu S., Piao Z. Identification and Mapping of the Clubroot Resistance Gene CRd in Chinese Cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Front. Plant Sci.* 2018;(9):653.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00653>
11. Karim M., Tonu N.N., Hossain Sh.M., Funaki T., Bahadur Meah M., Hossain D.M., Asad M. ud-d., Fukai E., Okazaki K. Marker-assisted selection of low erucic acid quantity in short duration *Brassica rapa*. *Euphytica*. 2016;208(3):535–544. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1596-8>
12. Blank L.M. *Fusarium* resistance in Wisconsin all seasons cabbage. *J. Agric. Res.* 1937;(55):407–510.
13. Liu X., Han F., Kong C., Fang Zh., et al. Rapid Introgression of the *Fusarium* Wilt Resistance Gene into an Elite Cabbage Line through the Combined Application of a Microspore Culture, Genome Background Analysis, and Disease Resistance-Specific Marker Assisted Foreground Selection. *Front. Plant Sci.* 2017;(8).
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00354>
14. Lv H., Kang J.-g., Wang Q.-b., Wang X.-w., et al. Development of InDel markers linked to *Fusarium* wilt resistance in cabbage. *Mol. Breed.* 2013;32(4):961–967.
<https://doi.org/10.1007/s11032-013-9925-x>
15. Дубина Е.В., Макуха Ю.А., Артемьева А.М., Фатеев Д.А., Гаркуша С.В., Горун О.Л., Лесняк С.А. Молекулярное маркирование в селекции капусты белокочанной (*Brassica oleracea* L.) на устойчивость к фузариозному увяданию. *Генетика*. 2023;59(10):1004–1010.
<https://doi.org/10.1134/S1022795423100034>
<https://www.elibrary.ru/ztymzi> [Dubina E.V., Makukha Yu.A., Artem'eva A.M., Fateev D.A., Garkusha S.V., Gorun O.L., Lesnyak S.A. Molecular Marking in *Brassica oleracea* L. Breeding for Resistance to *Fusarium* Wilt. *Russ. J. Genet.* 2023;59(10):1004–1010. (In Russ.)
<https://doi.org/10.1134/S1022795423100034>
<https://www.elibrary.ru/ztymzi>]
16. Shimizu M., Pu Z.-j., Kawanabe T., Kitashiba H., et al. Map-based cloning of a candidate gene conferring *Fusarium* yellows resistance in *Brassica oleracea*. *Theor. Appl. Genet.* 2015;128(1):119–130.
<https://doi.org/10.1007/s00122-014-2416-6>
17. Sato M., Shimizu M., Shea D.J., Hoque M., Kawanabe T., Miyaji N., Fujimoto R., Fukai E., Okazaki K. Allele specific DNA marker for *fusarium* resistance gene *FocBo1* in *Brassica oleracea*. *Breed. Sci.* 2019;69(2):308–315. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.18156>
18. Королева С.В. Иммунологическая оценка селекционного материала при создании гибридов F₁ белокочанной капусты с групповой устойчивостью к фузариозу и сосудистому бактериозу. Москва, 2012. [Koroleva S.V., Immunological evaluation of breeding material in the creation of F₁ hybrids of white cabbage with group resistance to *fusarium* and vascular bacteriosis. Moscow, 2012. (In Russ.)]
19. Шмыкова Н.А., Шумилина Д.В., Супрунова Т.П. Получение удвоенных гаплоидов у видов рода *Brassica* L. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(1):111. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18699/VJ15.014>
<https://www.elibrary.ru/twqxtp> [Shmykova N.A., Shumilina D.V., Suprunova T. P. Doubled haploid production in *Brassica* L. *Vavilov J. Genet. Breed.* 2015;19(1):111. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18699/VJ15.014>
<https://www.elibrary.ru/twqxtp>]
20. Домблидес Е.А., Шмыкова Н.А., Шумилина Д.В., Заячковская Т.В., Минейкина А.И., Козарь Е.В., Ахраменко В.А., Шевченко Л.Л., Кан Л.Ю., Бондарева Л.Л., Домблидес А.С. Технология получения удвоенных гаплоидов в культуре микроспор семейства капустные : методические рекомендации. М., 2016. 40 с. ISBN: 978-5-901695-71-5. <https://www.elibrary.ru/frlmod> [Domblides E.A., Shmykova N.A., Shumilina D.V., Zayachkovskaya T.V., Mineikina A.I., Kozar E.V., Akhramenko V.A., Shevchenko L.L., Kan L.Yu., Bondareva L.L., Domblides A.S. Technology of obtaining doubled haploids in the culture of microspores of the cabbage family: methodological recommendations. M., 2016. 40 p. (In Russ.)]
21. Fomicheva M., Domblides E. Mastering DNA Content Estimation by Flow Cytometry as an Efficient Tool for Plant Breeding and Biodiversity Research. *Methods Protoc.* 2023;6(1):18.
<https://doi.org/10.3390/mps6010018>
22. Doyle J. DNA Protocols for Plants. In *Molecular Techniques in Taxonomy*. G.M. Hewitt, A.W.B. Johnston and J.P.W. Young Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991. pp. 283–293.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-83962-7_18
23. Pu Z., Shimizu M., Zhang Y.-j., Nagaoka T., Hayashi T., Hori H., Matsumoto S., Fujimoto R., Okazaki K. Genetic mapping of a *fusarium* wilt resistance gene in *Brassica oleracea*. *Mol. Breed.* 2012;30(2):809–818. <https://doi.org/10.1007/s11032-011-9665-8>
24. Walker J.C. *Fusarium* resistant cabbage. *Botanical Gazette*. 1922;73(2):155-157. <https://doi.org/10.1086/332969>

Об авторах:

Мария Григорьевна Фомичева – кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, <https://orcid.org/0000-0002-0281-0467>, SPIN-код: 3219-3462, автор для переписки, maria.fomicheva.1@yandex.ru

Галина Александровна Костенко – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Селекционно-семеноводческого центра, Лаборатории селекции и семеноводства овощных культур открытого и защищенного грунта для условий Центральной Нечерноземной зоны, Сектор селекции и семеноводства капустных культур, SPIN-код: 8829-1027, kostenko@poiskseeds.ru

Артур Сергеевич Домблидес — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярной генетики и цитологии, <https://orcid.org/0000-0002-5617-9498>, SPIN-код: 3884-5069, arthurdom@inbox.ru

About the Authors:

Maria G. Fomicheva – Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Laboratory of Reproductive Biotechnology for Agricultural Plant Breeding, <https://orcid.org/0000-0002-0281-0467>, SPIN-code: 3219-3462, Correspondence Author, maria.fomicheva.1@yandex.ru

Galina A. Kostenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Breeding and Seed Center, Laboratory of Breeding and Seed Growing of Vegetable Crops of Open and Protected Ground or the Conditions of the Central Non-Chernozem zone, Sector of Breeding and Seed Growing of Cabbage Crops, SPIN-code: 8829-1027, kostenko@poiskseeds.ru

Arthur S. Domblides – Dr. Sci. (Agriculte), Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Cytology, <https://orcid.org/0000-0002-5617-9498>, SPIN-code: 3884-5069, arthurdom@inbox.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-11-16>
УДК: 632.937.15

О.Л. Ражина^{1,2}, М.В. Лебедева¹, К.А. Черняев^{1,3},
А.Н. Игнатов⁴, Ф.С.-У. Джалилов⁵, В.В. Таранов^{1*}

¹ ФГБНУ Всероссийский Научно-Исследовательский
Институт Сельскохозяйственной биотехнологии
127512, Россия, Москва

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН
119991, Россия, Москва

³ Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение "Федеральный научный центр
овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская область,
Одинцовский район, п. ВНИИССОК,
ул. Селекционная, д.14

⁴ ФGAOU ВО Российский университет
дружбы народов
117198, Россия, Москва

⁵ ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Автор для переписки: v.taranov1@gmail.com

Вклад авторов: О.Л. Ражина: проведение экспериментов, курирование данных. М.В. Лебедева: анализ результатов, написание и редактирование рукописи. К.А. Черняев: проведение экспериментов. А.Н. Игнатов: сбор образцов и поддержание коллекции изолятов, Джалилов Ф.С.-У.: сбор образцов и поддержание коллекции. В.В. Таранов: концептуализация, редактирование рукописи.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Науки и Высшего Образования России, проект № 075-15-2023-582.

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

Для цитирования: Ражина О.Л., Лебедева М.В., Черняев К.А., Игнатов А.Н., Джалилов Ф.С.-У., Таранов В.В. Распространение генов TAL-эффекторов среди *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: поймай меня, если сможешь. *Овощи России*. 2024;(6):11-16. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-11-16>

Поступила в редакцию: 20.10.2024

Принята к печати: 25.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Oksana L. Razhina^{1,2}, Marina V. Lebedeva¹,
Kirill A. Cherniaev^{1,3}, Aleksandr N. Ignatov⁴,
Fevzi S. Dzhalilov⁵, Vasily V. Taranov^{1*}

¹ All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology
Moscow, 127512, Russia

² Vavilov Institute of General Genetics
Moscow, 119991, Russia

³ Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selektionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

⁴ People's Friendship University of Russia
Moscow, Russia, 117198

⁵ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy (RSAU-MTAA)
49, Timiryazevskaya st., Moscow, Russia, 127434

*Correspondence Author: v.taranov1@gmail.com

Authors' contributions: O.L. Razhina: experimental procedures, data curation. M.V. Lebedeva: data processing, manuscript writing. K.A. Cherniaev: experimental procedures; A.N. Ignatov: samples collection and collection maintain. F.S. Dzhalilov: samples collection and collection maintain; V.V. Taranov: conceptualization, manuscript editing.

Funding. The work was supported by the Russian Ministry of Science and Higher Education, project No. 075-15-2023-582

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

For citation: Razhina O.L., Lebedeva M.V., Cherniaev K.A., Ignatov A.N., Dzhalilov F.S., Taranov V.V. TAL-effectors occurrence among *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: catch me if you can. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-11-16>

Received: 20.10.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

Published: 29.11.2024

Распространение генов TAL-эффекторов среди *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: поймай меня, если сможешь

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Хсс) вызывают сосудистый бактериоз у растений семейства *Brassicaceae* и распространены на всей территории их выращивания. Одним из факторов патогенности, встречающимся среди рода *Xanthomonas*, являются TAL-эффекторы – белки, проникающие в ядро растительной клетки при заражении и изменяющие экспрессию некоторых генов растения-хозяина для увеличения инфекционного успеха. Для некоторых видов рода *Xanthomonas* TAL-эффекторы являются необходимым условием заражения растения, однако их роль для Хсс остаётся не до конца ясной. Кроме того, даже распространение этих генов среди разных рас в разных регионах изучено слабо. Целью нашей работы было изучить распространение генов TAL-эффекторов среди изолятов Хсс, найденных в России.

Материалы и методы. Для выполнения работы была сформирована выборка из изолятов Хсс разных рас, собранных преимущественно в Московской области и Краснодарском крае. Тотальная ДНК из бактерий выделялась с помощью СТАВ метода. Для поиска генов TAL-эффекторов использовался метод ПЦР. Каждый изолят был проверен с помощью четырёх пар праймеров, подобранных на консервативные участки гена.

Результаты. Среди 50 проверенных изолятов было выявлено 4 изолята, содержащих гены TAL-эффекторов. Несмотря на то, что использовались праймеры, отжигающиеся на консервативные области гена, только две пары сработали для всех 4 изолятов. Это свидетельствует о полиморфизмах, который может быть следствием горизонтального переноса от других видов *Xanthomonas*. Низкое число изолятов с генами TAL-эффекторов может отражать особенности популяций Хсс в Московской области и Краснодарском крае или особенности генотипов выращиваемых растений-хозяев.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Xanthomonas campestris, TAL-эффектор, сосудистый бактериоз, *Brassicaceae*

TAL-effectors occurrence among *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*: catch me if you can

ABSTRACT

Relevance. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* is a widespread bacterial pathogen that causes a black rot disease of *Brassicaceae* plants. It is distributed across all territories with cultivated brassica crops and has high economic significance. One of the known *Xanthomonas* pathogenicity factor is TAL-effectors. These proteins penetrate in plant nucleus and change expression of some host genes in order to promote infection. For some *Xanthomonas species* TAL-effectors are a key of bacteria success, however for Xcc their role is still remain obscure as well as TALE occurrence among Xcc belonged to different races and originated from different regions. The goal of our study was examination of TALE distribution among Xcc isolates collected in Russia.

Methods. Sample of the Xcc isolates mainly collected in Moscow region and Krasnodar krai was used for TALE search. Bacterial total DNA was isolated using CTAB method. Four primer pairs were used for TALE genes detection by amplification conservative regions.

Results. Among 50 isolates only 4 isolates possessed TALE were revealed. Low-frequency occurrence of TALE among Russian isolates can reflect Xcc population features in Moscow region and Krasnodar krai as well as genotype features of cultivated plant hosts.

KEYWORDS:

Xanthomonas campestris, TALE, black rot disease, *Brassicaceae*



Введение

Бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pam.) Dowson (Xcc) распространены по всему миру и являются важными патогенами растений семейства *Brassicaceae*, вызывающими сосудистый бактериоз [1, 2]. В свою очередь этот патоген был разделён на 5 рас (0,1,2,3,4) по способности заражать растения, несущие разные гены устойчивости [3]. Нулевая раса поражала все использовавшиеся растения-дифференциаторы. Причём, была отмечена роль локуса *hrpXc* (*hrp* - hypersensitive response and pathogenicity) – бактерии, мутантные по этому локусу, были неспособны поражать растения. Впоследствии была проведена ревизия этого таксона [2]. Исследования подтвердили деление на расы по Коттоун [3] за исключением расы 3. Кроме того, результаты свидетельствовали о том, что раса 1 может быть разделена как минимум на три расы – 1, 3 (новая раса, отличная от расы 3 по [3]) и 5. Кроме того, в новой модели раса 0 была переименована расой 6. В дальнейшем модель была дополнена 7, 8 и 9 расами [4], а также 10 и 11 [5]. Наиболее распространёнными считаются расы 1, 4 и 6 [2]. В России наряду с ними часто встречаются изоляты, определяемые как раса 3 [6]. Однако остаётся неизвестным, какие локусы Xcc помогают преодолевать те или иные гены устойчивости и таким образом определяют расовую принадлежность изолятов.

Упомянутые выше гены *hrp* кодируют белки, относящиеся к бактериальной системе T3S (type III secretion), которая обеспечивает проникновение белков-эффекторов в растительные клетки, обеспечивая заражение. Крупнейшей группой эффекторов, описанных у *Xanthomonas* spp. являются AvrBs3/PthA или TAL-эффекторы, transcription activator-like [7]. Эти эффекторы попадают в ядро клеток растений и связываются с промоторными областями некоторых генов, повышая их экспрессию в десятки и сотни раз, фактически работая как транскрипционные факторы. В результате происходит подавление защитного ответа или модификация транскриптома растения в пользу бактерий. Гены растения-хозяина, экспрессия которых изменяется патогеном, называют гены восприимчивости, S-гены (Susceptibility genes). Выявление S-генов является очень важным для изучения молекулярных механизмов взаимодействия растений и патогенов [8]. К настоящему времени был выявлен ряд генов-мишеней для TAL-эффекторов разных *Xanthomonas*. Наиболее яркими примерами являются гены, кодирующие белки-транспортёры сахаров у риса, кассавы и хлопка [9, 10, 11, 12, 13, 14] и разные транскрипционные факторы высокого порядка [15, 16, 17, 18]. TAL-эффекторы обладают консервативной структурой (рис.). На N-конце расположен сигнал транслокации. На C-конце находятся сигналы ядерной локализации, благодаря которым эффектор попадает в ядро клетки, и домен, активирующий транскрипцию. Центральная часть белка состоит из почти одинаковых повторов длиной 19-42 аминокислот (чаще всего встречаются мотивы длиной 34-35) и отвечает за узнавание последовательности ДНК. 12 и 13 аминокислоты (RVD) являются гипервариабельными и именно они определяют нуклеотид, узнаваемый конкретным повтором. Таким образом, зная последовательность TAL-эффектора можно определить последовательность ДНК, с которой он свяжется (EBE, effector binding site) и вычислить его мишень в геноме растения-хозяина.

Интересно, что именно уникальная структура TAL-эффекторов легла в основу одной из систем геномного редактирования, TALEN [19]. Тем не менее, строение tal генов – повторы, длина от 3 тыс. пар нуклеотидов, высокий GC-процент – очень сильно затрудняют клонирование и секвенирование этих генов. На настоящее время стандартом исследования генов TAL-эффекторов является полногеномное секвенирование со сборкой коротких и длинных прочтений, полученных разными технологиями [20]. Число генов *tal* в геномах *Xanthomonas* может варьировать от нуля до более двадцати (в некоторых штаммах *X. oryzae* pv. *oryzicola*). Располагаться они могут как в геномах бактерий, так и на плаزمиде и часто собраны в кластеры. Известно, что многие *tal* гены находятся в мобильных инсерционных кассетах, что приводит к оживлённому горизонтальному переносу TAL-эффекторов между разными изолятами и видами *Xanthomonas* [21, 22]. Количество повторов в центральной части может достигать 33,5, что делает узнавание мишени достаточно специфичным. В некоторых случаях показано, что наличие TAL-эффекторов и активация транскрипции генов-мишеней являются необходимым условием для заражения [11, 23, 24]. Для Xcc наличие генов TAL-эффекторов также было показано [25, 26], но более масштабный поиск и секвенирование среди изолятов из разных стран, поражающих разные растения семейства *Brassicaceae*, были проведены не так давно [22]. Среди 49 изученных изолятов 26 содержали *tal* гены, от 1 до 4 гена в каждом изоляте. Кроме того, в этой работе для одного штамма было показано, что наличие TAL-эффекторов усиливает симптомы заражения *B. oleracea* в лабораторных условиях, причём действие двух разных эффекторов оказалось синергетическим.

В России сосудистый бактериоз растений семейства Капустные является экономически важным заболеванием, распространённым на всей территории выращивания капусты [27]. Однако полногеномный сиквенс есть только для одного российского штамма-производителя ксанта [28], а геномы Xcc как патогена изучены недостаточно, что сильно затрудняет исследование TAL-эффекторов. Целью нашей работы было выявить российские изоляты Xcc, содержащие *tal* гены.

Материалы и методы

Изоляты Xcc, собранные на территории России, преимущественно в Московской области и Краснодарском крае, в 2006-2023 годах поддерживали в коллекции в глицериновом стоке на -80 °C, всего 50 изолятов (табл. 2). Для выделения тотальной ДНК изоляты размораживались и высевались на твёрдую среду YDC. Далее единичные колонии пересаживались на твёрдую среду LB и через два дня из них выделялась геномная ДНК с помощью модифицированного СТАВ-метода [29].

Детекция TAL-эффекторов осуществлялась четырьмя парами праймеров, подобранных на консервативные участки генов TALE (Таблица 2). ПЦР проводили с помощью Taq-полимеразы (Евроген) по рекомендации производителя. Протокол реакции: начальная денатурация (95°C, 3 мин); денатурация (95°C, 30 сек), отжиг праймеров (40 сек), элонгация (72°C, 30 сек); финальная элонгация (72°C, 3 мин).

Результаты ПЦР визуализировали с помощью электрофореза в 2% агарозном геле с добавлением бромистого этидия.

Таблица 1. Характеристика праймеров, использованных для детекции TAL-эффекторов
Table 1. Characteristics of used primers for detection of TAL effectors

Пара праймеров	Нуклеотидная последовательность	Температура отжига, t°C	Ожидаемый фрагмент, bp	Источник
1	5'-gccgactgcagatcgtgg-3' 5'-ctgcctccactgcggtc-3'	65	749	[17]
2	5'-cgctcagccaacacccg-3' 5'-caccgctcagtgcattgcg-3'	65	270	[17]
3	5'-cagttatctgcctgatcc-3' 5'-ctggacgctaccaggtcg-3'	60	716	[17]
4	5'-gcattvgatgagccatgac-3' 5'-ccctgatgcctggaggatagc-3'	60	150	[25]

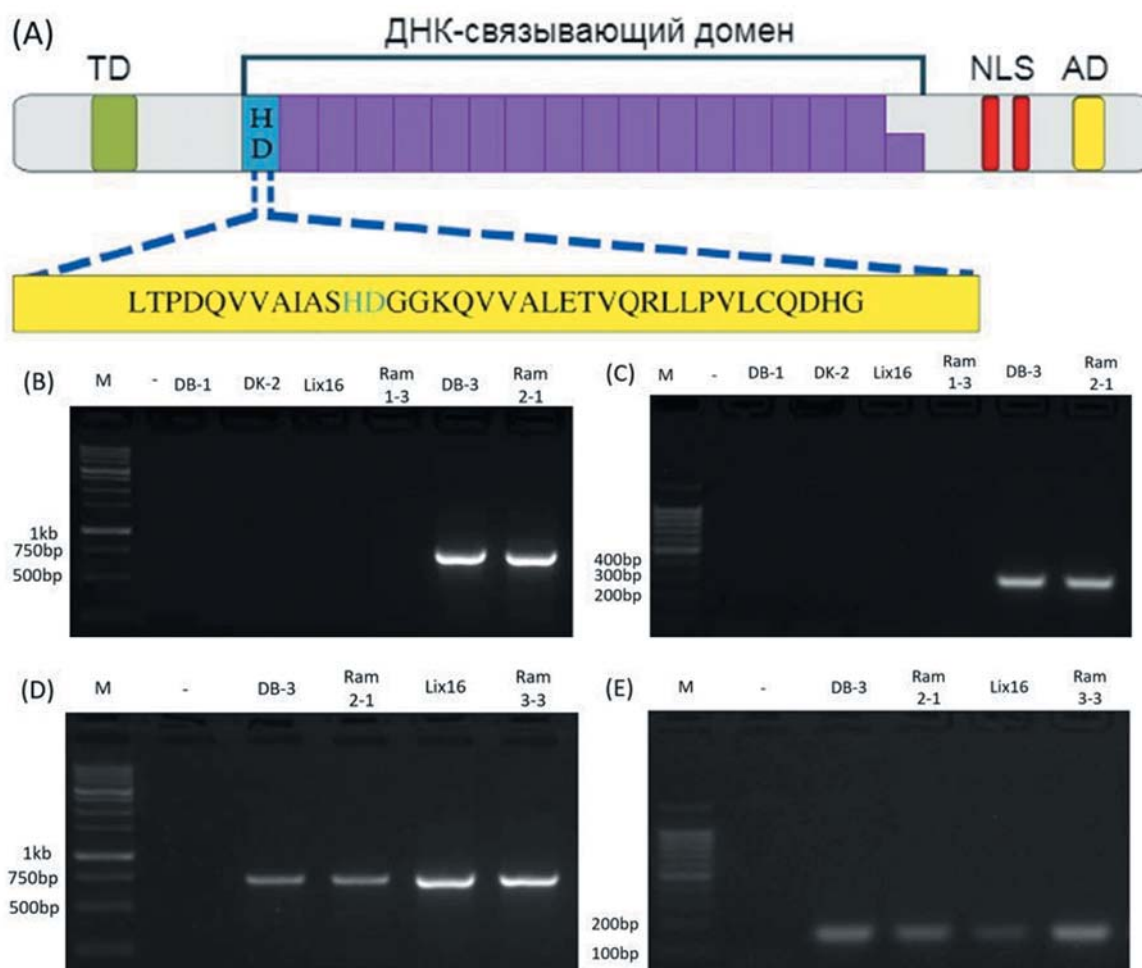


Рис. 1. Структура TALE и амплификация его фрагментов для поиска в Хсс. А – Структура TALE (TD – Translocation Domain, транслокационный домен; NLS – Nuclear Localization Signal, сигнал ядерной локализации; AD – Activation Domain, активирующий домен). В-Е – Пример электрофоретического анализа в результате ПЦР фрагментов гена TALE в изолятах *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* с использованием пар праймеров F1+R1 (В), F2+R2 (С), F3+R3 (D), F4+R4 (Е). Сверху отображены названия изолятов, М – стандарт длин ДНК (В и D – 1kb, Евроген, Россия; С и Е – 100bp+, Евроген, Россия)

Fig. 1. Structure of TALE and amplification of its fragments for search in Hss. A – Structure of TALE (TD – Translocation Domain; NLS – Nuclear Localization Signal; AD – Activation Domain). B-E – Example of electrophoretic analysis after PRC of the TALE gene fragments in *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* isolates using pairs of primers F1+R1 (B), F2+R2 (C), F3+R3 (D), F4+R4 (E). The names of isolates are shown above; M is the standard of DNA lengths (B and D – 1kb, Evrogen, Russia; C and E – 100bp+, Evrogen, Russia)

Результаты и обсуждение

Всего была проанализирована выборка из 50 изолятов Хсс, собранных в России, преимущественно в Московской области и Краснодарском крае. Для поиска генов TAL-эффекторов было использовано 4 пары праймеров, подобранных на консервативные участки 5 и 3 концов tal генов [17, 25].

Среди 50 изолятов только 4 показали присутствие генов TAL-эффекторов (табл. 2, рис. 1). Интересно, что они относятся к разным расам — 1, 3 и 4, однако все они были собраны в Московской области с растений капусты. Из использованных пар праймеров только две сработали для всех 4 изолятов, что свидетельствует о полиморфизмах в tal генах. Не исключено и то, что эти изоляты (Ram 3-3 и Lix16) получили свои гены TAL-эффекторов от других видов *Xanthomonas* в результате горизонтального переноса генов.

Неожиданным результатом оказалась низкая представленность TAL-эффекторов среди российских изолятов Хсс. В предыдущем исследовании [22] было показано, что у Хсс tal гены присутствуют в гораздо меньшем числе и существенно менее разнообразны чем у многих штаммов *X. oryzae* или *X. citri*, тем не менее, они были найдены в половине исследуемой коллекции изолятов, которая была собрана в 1939-2002

годы в разных странах Европы, Америки и Китае. Возможно, скудность найденных tal генов объясняется тем, что большая часть изолятов была собрана с белокочанной капусты. Скорее всего, TAL-эффекторы не являются главным фактором патогенности у Хсс, несмотря на то, что их действие очевидно усиливает симптомы сосудистого бактериоза капусты [22]. Тем не менее, они могут использоваться для расширения круга хозяев. В пользу этого свидетельствует то, что наиболее подходящие мишени TAL-эффекторов были найдены в геноме *B. rapa* [22]. Тогда как для Хсс 6 расы, для которой обычным хозяином является *B. rapa* [2] был описан TAL-эффектор, подтвержденной мишенью которого является ген *B. oleracea* [17].

С другой стороны, места сбора изолятов ограничивались Московской областью и Краснодарским краем и, возможно, это особенность местных популяций Хсс. Размеры исследованных выборок для обоих регионов позволяют считать их репрезентативными. В таком случае требуются дальнейшие сборы и проверки изолятов, в том числе с разных растений-хозяев. Изоляты, для которых было показано присутствие генов TAL-эффекторов, необходимо секвенировать, выявлять последовательности tal генов и искать мишени в геномах растений.

Таблица 2. Результаты проверки коллекции изолятов Хсс на наличие TAL-эффекторов
Table 2. Results of screening the Хсс isolate collection for the presence of TAL effectors

№	Штамм	Растение-хозяин	Год	Происхождение	Раса	Результат ПЦР			
						1	2	3	4
1	Хсс 1/1	Капуста белокочанная	2017	Московская область, Дмитровский район	6	-	-	-	-
2	Хсс 2/12	Капуста белокочанная	2017	Московская область, Дмитровский район	6	-	-	-	-
3	Хсс 2/16	Капуста белокочанная	2017	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
4	ВК-55	Капуста белокочанная	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-
5	ВК-58	Капуста белокочанная	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-
6	СК-72	Цветная капуста	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-
7	СК-74	Цветная капуста	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-
8	Дмо 1-1	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
9	Bul	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	4	-	-	-	-
10	Дмо 2-1	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
11	SM-2	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
12	Дмо 2-2	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
13	СК-71	Цветная капуста	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-
14	Хсс 3/23	Капуста белокочанная	2017	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
15	SM-1	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
16	Хсс 3/27	Капуста белокочанная	2017	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
17	Bes-1	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
18	Дмо 2-3	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
19	Дмо 1-3	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
20	СК-73	Цветная капуста	2017	Краснодарский край	нд	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2
Continuation of table 2

№	Штамм	Растение-хозяин	Год	Происхождение	Раса	Результат ПЦР			
						1	2	3	4
21	DK-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	-	-	-	-
22	Cas	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
23	Dasch-1	Капуста белокочанная	2006	Московская область, Серпуховский район	нд	-	-	-	-
24	Ram 4-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	1	-	-	-	-
25	Ram 1-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	-	-	-	-
26	B-3	Кольраби	2012	Московская область, ОПХ Быково	3	-	-	-	-
27	Ram 4-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	1	-	-	-	-
28	Dasch-3	Капуста белокочанная	2006	Московская область, Серпуховский район	нд	-	-	-	-
29	Ram 3-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	1	-	-	-	-
30	DB-3	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	+	+	+	+
31	Ram 3-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	1	-	-	-	-
32	Ram 4-3	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	-	-	-	-
33	DB-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	-	-	-	-
34	Ram 3-3	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	1	+	-	+	+
35	Lix16	Капуста	2006	Московская область, Коломенский район	4	-	-	+	+
36	Ram 1-3	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	-	-	-	-
37	DK-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	-	-	-	-
38	Ram 1-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	-	-	-	-
39	Bun-1	Капуста белокочанная	2006	Московская область, Дмитровский район	4	-	-	-	-
40	Bun-3	Капуста белокочанная	2006	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
41	Ram 2-2	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	-	-	-	-
42	Dmo 1-2	Капуста белокочанная	2016	Московская область, Дмитровский район	нд	-	-	-	-
43	Bun-2	Капуста белокочанная	2006	Московская область, Дмитровский район	3	-	-	-	-
44	Ram 2-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Раменский район	3	+	+	+	+
45	B-2	Кольраби	2012	Московская область, ОПХ Быково	3	-	-	-	-
46	DK-3	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	-	-	-	-
47	DB-1	Капуста белокочанная	2012	Московская область, Серпуховский район	1	-	-	-	-
48	Xcc-2023	Капуста белокочанная	2023	Россия	1	-	-	-	-
49	1339	Ранс	нд	Россия	4	-	-	-	-
50	1333	Ранс	нд	Россия	4	-	-	-	-

• Литература / References

1. Dow J.M., Daniels M.J. Pathogenicity Determinants and Global Regulation of Pathogenicity of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. In: Current Topics in Microbiology and Immunology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1994. P. 29–41. https://doi.org/10.1007/978-3-642-78624-2_2
2. Vicente J.G., Conway J., Roberts S.J, Taylor J.D. Identification and Origin of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* Races and Related Pathovars. *Phytopathology*. 2001;91(5):492–499. <https://doi.org/10.1094/phyto.2001.91.5.492>
3. Kamoun S., Kamdar H.V., Tola E., Kado CI. A vascular hypersensitive responses: role of the hrpX locus. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 1992;(5):22–23. <https://doi.org/10.1094/MPMI-5-022>
4. Fargier E., Manceau C. Pathogenicity assays restrict the species *Xanthomonas campestris* into three pathovars and reveal nine races within *X. campestris* pv. *campestris*. *Plant Pathol.* 2007;56(5):805–18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01648.x>
5. Cruz J., Tenreiro R., Cruz L. Assessment of diversity of *Xanthomonas campestris* pathovars affecting cruciferous plants in Portugal and disclosure of two novel *X. campestris* pv. *campestris* races. *Journal of Plant*

- Pathology*. 2017;99(2):403–414. <https://doi.org/10.4454/JPP.V99I2.3890>
6. Ха В.Т.Н., Джалилов Ф.С., Виноградова С.В., Кырова Е.И., Игнатов А.Н. Генетическое разнообразие возбудителя сосудистого бактериоза в России: полиморфизм пцр фрагментов. *Защита картофеля*. 2014;(2):21–25. <https://www.elibrary.ru/tmmlbt> [Ха В.Т.Н., Dzhaliyov F.S., Vinogradova S., Kyrova E., Ignatov A. Genetic diversity of black rot pathogen in Russia: Plant reaction. *Zashchita Kartofelya*. 2014;(2):21–25. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tmmlbt>]
 7. Boch J., Bonas U. *Xanthomonas* AvrBs3 family-type III effectors: Discovery and function. *Annu Rev Phytopathol.* 2010;48(1):419–36. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081936>
 8. van Schie C.C.N., Takken F.L.W. Susceptibility genes 101: How to be a good host. *Annu Rev Phytopathol.* 2014;52(1):551–581. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-102313-045854>
 9. Yang B., Sugio A., White F.F. Os8N3 is a host disease-susceptibility gene for bacterial blight of rice. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2006;103(27):10503–10508. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604088103>
 10. Antony G., Zhou J., Huang S., Li T., Liu B., White F., Yang B. Rice xa13 recessive resistance to bacterial blight is defeated by induction of the disease susceptibility gene Os-11N3. *Plant Cell.* 2010;22(11):3864–76. Available from: <https://doi.org/10.1105/tpc.110.078964>

11. Yu Y., Streubel J., Balzergue S., Champion A., Boch J., Koebnik R., et al. Colonization of rice leaf blades by an African strain of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* depends on a new TAL effector that induces the rice nodulin-3 Os11N3 gene. *Mol Plant Microbe Interact.* 2011;24(9):1102–1113. <https://doi.org/10.1094/mpmi-11-10-0254>
12. Streubel J., Pesce C., Hutin M., Koebnik R., Boch J., Szurek B. Five phylogenetically close rice SWEET genes confer TAL effector-mediated susceptibility to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *New Phytol.* 2013;200(3):808–819. <https://doi.org/10.1111/nph.12411>
13. Cohn M., Bart R.S., Shybut M., Dahlbeck D., Gomez M., Morbitzer R., et al. *Xanthomonas axonopodis* virulence is promoted by a transcription activator-like effector-mediated induction of a SWEET sugar transporter in cassava. *Mol Plant Microbe Interact.* 2014;27(11):1186–1198. <https://doi.org/10.1094/mpmi-06-14-0161-r>
14. Cox K.L., Meng F., Wilkins K.E., Li F., Wang P., Booher N.J., et al. TAL effector driven induction of a SWEET gene confers susceptibility to bacterial blight of cotton. *Nat Commun.* 2017;8(1): 15588 <https://doi.org/10.1038/ncomms15588>
15. Hu Y., Zhang J., Jia H., Sosso D., Li T., Frommer W.B., et al. Lateral organ boundaries 1 is a disease susceptibility gene for citrus bacterial canker disease. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2014;111(4):E521–E529. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313271111>
16. Zhang J., Huguët-Tapia J.C., Hu Y., Jones J., Wang N., Liu S., et al. Homologues of CsLOB1 in citrus function as disease susceptibility genes in citrus canker. *Mol Plant Pathol.* 2017;18(6):798–810. <https://doi.org/10.1111/mpp.12441>
17. Zlobin N., Lebedeva M., Monakhova Y., Ustinova V., Taranov V. An ERF121 transcription factor from Brassicaceae is a target for the conserved TAL-effectors from different *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* strains. *Mol Plant Pathol.* 2021;22(5):618–24. <https://doi.org/10.1111/mpp.13048>
18. Schwartz A.R., Morbitzer R., Lahaye T., Staskawicz B.J. TALE-induced bHLH transcription factors that activate a pectate lyase contribute to water soaking in bacterial spot of tomato. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2017;114(5):E897–E903. <https://doi.org/10.1073/pnas.1620407114>
19. Christian M., Cermak T., Doyle E.L., Schmidt C., Zhang F., Hummel A., et al. Targeting DNA double-strand breaks with TAL effector nucleases. *Genetics.* 2010;186(2):757–761. <https://doi.org/10.1534/genetics.110.120717>
20. Erkes A., Grove R.P., Žarković M., Krautwurst S., Koebnik R., Morgan R.D., et al. Assembling highly repetitive *Xanthomonas* TALomes using Oxford Nanopore sequencing. *BMC Genomics.* 2023;24(1):151. <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09228-1>
21. Ferreira R.M., de Oliveira A.C.P., Moreira L.M., Belasque J.Jr., Gourbeyre E., Siguier P., et al. A TALE of transposition: Tn 3-like transposons play a major role in the spread of pathogenicity determinants of *Xanthomonas citri* and other xanthomonads. *MBio [Internet].* 2015;6(1). <https://doi.org/10.1128/mbio.02505-14>
22. Denancé N., Szurek B., Doyle E.L., Lauber E., Fontaine-Bodin L., Carrère S., et al. Two ancestral genes shaped the *Xanthomonas campestris* TAL effector gene repertoire. *New Phytol.* 2018;219(1):391–407. <https://doi.org/10.1111/nph.15148>
23. Chu Z., Fu B., Yang H., Xu C., Li Z., Sanchez A., et al. Targeting xa13, a recessive gene for bacterial blight resistance in rice. *Züchter Genet Breed Res.* 2006;112(3):455–461. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0145-6>
24. Hutin M., Sabot F., Ghesquière A., Koebnik R., Szurek B. A knowledge-based molecular screen uncovers a broad-spectrum OsSWEET14 resistance allele to bacterial blight from wild rice. *Plant J.* 2015;84(4):694–703. <https://doi.org/10.1111/tpj.13042>
25. Mokryakov M.V., Abdeev I.A., Piruzyan E.S., Schaad N.W., Ignatov A.N. Diversity of effector genes in plant pathogenic bacteria of genus *Xanthomonas*. *Microbiology.* 2010;79(1):58–65. <https://doi.org/10.1134/s002626171001008x>
26. Kay S., Boch J., Bonas U. Characterization of AvrBs3-like effectors from a Brassicaceae pathogen reveals virulence and avirulence activities and a protein with a novel repeat architecture. *Mol Plant Microbe Interact.* 2005;18(8):838–48. <https://doi.org/10.1094/mpmi-18-0838>
27. Лазарев А.М., Мысник Е.Н., Игнатов А.Н. Ареал и зона вредоносности сосудистого бактериоза капусты. *Вестник защиты растений.* 2017;1(91):52–55. <https://www.elibrary.ru/wfqynd> [Lazarev A.M., Mysnik E.N., Ignatov A.N. Area and zone of harmfulness of vascular bacteriosis of cabbage. *Plant Protection News.* 2017;1(91):52–55. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/wfqynd>]
28. Ревин В.В., Лияськина Е.В., Покидько Б.В., Пименов Н.В., Марданов А.В., Равин Н.В. Характеристика нового штамма *Xanthomonas campestris* M 28 – продуцента ксантана, исследование генома, условий культивирования и физико-химических и реологических свойств полисахарида. Прикладная химия и микробиология. 2021;57(3):251–261. <https://doi.org/10.31857/s0555109921030107> <https://www.elibrary.ru/gbfrvp> [Revin V.V., Liyas'kina E.V., Pokid'ko B.V., Pimenov N.V., Mardanov A.V., Ravin N.V.. Characteristics of a new strain of *Xanthomonas campestris* M 28 – a xanthan producer, study of the genome, cultivation conditions and physicochemical and rheological properties of the polysaccharide. *Applied Biochemistry And Microbiology.* 2021;57(3):251–261. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/s0555109921030107> <https://www.elibrary.ru/gbfrvp>]
29. Plant Protection Research Institute (South Africa), BioNET-INTERNATIONAL., Switzerland. Direktion für Entwicklungszusammenarbeit und Humanitäre Hilfe. Introduction to practical phyto bacteriology: A manual for phyto bacteriology. 1999.

Об авторах:

Оксана Леонидовна Ражина – аспирант, младший научный сотрудник, <http://orcid.org/0009-0007-2103-1067>, SPIN-код: 4365-8902, oksana-razhina@yandex.ru
Марина Валерьевна Лебедева – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, <http://orcid.org/0000-0001-5711-8331>, SPIN-код: 1681-8890, marilistik@mail.ru
Кирилл Алексеевич Черняев – аспирант, младший научный сотрудник, skdw12345@gmail.com
Александр Николаевич Игнатов – доктор биол. наук, профессор, <http://orcid.org/000-0003-2948-753X>, SPIN-код: 3324-4985, an.ignatov@gmail.com
Февзи Сеид-Умерович Джалилов – доктор биол. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений, <http://orcid.org/0000-0002-5014-8375>, SPIN-код: 3033-3991, dzhalilov@rgau-msha.ru
Василий Васильевич Таранов – кандидат биол. наук, заведующий лабораторией стрессоустойчивости растений, <http://orcid.org/0000-0002-0728-0346>, SPIN-код: 5008-4691, автор для переписки, v.taranov1@gmail.com

About the Authors:

Oksana L. Razhina – PhD Student, Junior Researcher, <http://orcid.org/0009-0007-2103-1067>, SPIN-code: 4365-8902, oksana-razhina@yandex.ru
Marina V. Lebedeva – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, <http://orcid.org/0000-0001-5711-8331>, SPIN-code: 1681-8890, marilistik@mail.ru
Kirill A. Cherniaev – PhD Student, Junior Researcher, <http://orcid.org/0009-0007-7180-892X>, skdw12345@gmail.com
Aleksandr N. Ignatov – Dr. Sci. (Biology), Professor, <http://orcid.org/0000-0003-2948-753X>, SPIN-code: 3324-4985, an.ignatov@gmail.com
Fevzi S. Dzhalilov – Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Plant Protection Department, <http://orcid.org/0000-0002-5014-8375>, SPIN-code: 3033-3991, dzhalilov@rgau-msha.ru
Vasily V. Taranov – Cand. Sci. (Biology), Head of the Plant Stress Tolerance, <http://orcid.org/0000-0002-0728-0346>, SPIN-code: 5008-4691, Corresponding Author, v.taranov1@gmail.com

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-17-21>
УДК: 635.64:631.531.02:631.544

Е.В. Демиденко ^{1*}, С.И. Игнатова ²

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 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:
ekaterina919203@mail.ru

Вклад авторов: Демиденко Е.В.: работа с литературой, проведение исследования в условиях защищенного грунта, анализ полученных результатов, статистическая обработка данных, подготовка материалов для статьи. Игнатова С.И.: научное руководство и методическое сопровождение исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Демиденко Е.В., Игнатова С.И. Гибридное семеноводство томата в защищенном грунте. *Овощи России*. 2024;(6):17-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-17-21>

Поступила в редакцию: 02.04.2024

Принята к печати: 24.06.2024

Опубликована: 29.11.2024

Ekaterina V. Demidenko ^{1*}, Svetlana I. Ignatova ²

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

² All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center 500, Vereya village, Ramensky urban district, Moscow region, Russia

*Correspondence Author:
ekaterina919203@mail.ru

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

Authors' Contribution: Demidenko E.V.: work with literature, conducting research in protected ground conditions, analysis of the results obtained, statistical data processing, preparation of materials for the article. Ignatova S.I.: scientific guidance and methodological support of the study. All authors took part in writing the article.

For citation: Demidenko E.V., Ignatova S.I. Hybrid tomato seed production in protected ground. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-17-21>

Received: 02.04.2024

Accepted for publication: 24.06.2024

Published: 29.11.2024

Гибридное семеноводство томата в защищенном грунте

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Тенденция увеличения площадей защищенного грунта и внедрения новых технологий в выращивании овощных культур продовольственного значения прослеживается ежегодно. С развитием технологий возросли требования к качеству и к объему семенного материала гибридов. Основными сдерживающими факторами производства семян являются требования к дополнительным затратам ручного труда и сложности процесса, в частности, элементов опыления, которые необходимо изучить и усовершенствовать.

Цель исследования – изучение некоторых элементов технологии, оптимального времени между кастрацией и опылением при скрещивании фертильных линий томата.

Материалы и методы. Исследование проводили в 2022 году в условиях пленочной теплицы в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Объектами изучения служили различные по времени способы нанесения пыльцы отцовской формы на рыльце материнской. Опыт проводили между материнской и отцовской среднеплодными полудетерминатными линиями томата в гибридной комбинации. Варианты нашего опыта включают различные по времени способы нанесения пыльцы. Опыление в одно время после кастрации – контрольный вариант, опыление через 4, 12, 24, 48 часов. Варианты с дополнительным опылением на следующий день: опыление через 4 (+ через 24 часа), 12 (+ через 24 часа), 24 (+ через 24 часа), 48 часов (+ через 24 часа).

Результаты. В проведенном исследовании установили, что при опылении пыльцой отцовского компонента через 24 часа после кастрации цветков с дополнительным опылением на следующий день (через 24 часа) выход семян с одного плода на среднеплодной материнской линии томата превышает в 3 раза по сравнению с обычным опылением в одно время с кастрацией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

томат, гибрид, опыление, оплодотворение, посевные качества семян

Hybrid tomato seed production in protected ground

ABSTRACT

Relevance. The trend of increasing the area of protected soil and introducing new technologies in the cultivation of vegetable crops of food value can be traced every year. With the development of technology, the requirements for the quality and volume of seed material of hybrids have increased. The main constraints on seed production are the requirements for additional manual labor costs and the complexity of the process, in particular, pollination elements that need to be studied and improved.

The aim studying some elements of technology, the optimal time between castration and pollination when crossing fertile tomato lines.

Material and Methods. The research was conducted in 2022 year in greenhouse at the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Vegetable Center". The objects of research were different methods of applying paternal pollen to the stigma of the maternal form. The experiment was carried out between maternal and paternal mid-fruited semi-determinate tomato lines in a hybrid combination. The variants of our experience include time-varying methods of pollen application. Pollination at the same time after castration is a control option, pollination after 4, 12, 24, 48 hours. Options with additional pollination the next day: pollination after 4 (+ after 24 hours), 12 (+ after 24 hours), 24 (+ after 24 hours), 48 hours (+ after 24 hours).

Results. In the research, it was found that when pollinated with pollen of the paternal component 24 hours after castration of flowers with additional pollination the next day (24 hours later), the yield of seeds from one fruit on the average fertile maternal line of tomato exceeds 3 times compared with conventional pollination at the same time with castration.

KEYWORDS:

tomato, hybrid, pollination, fertilization, sowing qualities of seeds

Введение

Гетерозисные гибриды позволяют обеспечить получение высокого и качественного урожая томата в защищенном грунте, преимущество которых состоит в высокой урожайности, однородности товарной продукции, дружности созревания, в высоком содержании сахаров, ликопина и β -каротина, устойчивости к комплексу болезней. В гетерозисных гибридах можно сочетать высокую продуктивность и скороспелость, транспортабельность и лежкость плодов. Потребность в гибридных семенах растет. Как правило, гибридные семена томата получают при искусственном скрещивании вручную, производство которых, в больших объемах, затруднено [1].

В семеноводстве гетерозисных гибридов существуют проблемы на дополнительные затраты ручного труда, квалификацию сотрудников, качество проводимого опыления с целью сохранения хозяйственно ценных признаков и свойств у гибридов и получение высококачественных семян. Изучение и усовершенствование оптимальных элементов методики гибридизации позволяют решить одну из проблем. В настоящее время разработаны методики получения гибридных семян томата [2,3,4,5,6].

Технология гибридного семеноводства томата

Гибридное семеноводство томата проводят в зимне-весеннем и весенне-летнем оборотах защищенного грунта, с соблюдением и поддержанием оптимальной относительной влажности воздуха, температуры и достаточной освещенности. Рекомендуемая схема посадки растений $(90+60) \times 35$ см с соотношением отцовской и материнской форм 1:4. Отцовскую линию высевают на 8-10 суток раньше материнской, чтобы к моменту кастрации цветков на материнских растениях отцовские уже цвели и давали пыльцу. С целью увеличения пыльцевой продуктивности «отцовского родителя», растения формируют в 2 стебля. При таком способе выращивания выход пыльцы возрастает на 30-40%, площадь посадки уменьшается на 20%. Кастрацию и опыление проводят после того, как растения укоренились, вступили в активный вегетативный рост, в фазы бутонизации и цветения [2,3,4,7-13].

Пыльцу с отцовских растений собирают вибратором на 2-3 суток после цветения в фазу полного созревания. К этому времени в цветке накапливается около 1,5 мг пыльцы. Ее собирают в полдень, когда относительная влажность воздуха наименьшая, и пыльца хорошо высыпается из цветка. Пыльцу собирают в стеклянные емкости (пенициллинки), не срывая цветки. Перед тем как вынести пыльцу из теплицы, емкости следует закупорить ваткой. Собранную пыльцу хранят в сухом помещении при температуре $20...25^{\circ}\text{C}$ не более 1-2 суток. Долго хранящаяся пыльца (как при комнатных условиях, так и в холодильнике) снижает показатели завязываемости и обсемененности плодов после опыления. Через 4 суток хранения пыльцы наблюдается резкое снижение эффективности гибридизации [4,11-15].

У растений материнской линии перед началом гибридизации удаляют все полностью распустившиеся желтые и сомнительные цветки. В фазе образования желто-зеленых бутонов, лепестки которых отходят от оси цветка под углом 45° , за 2-3 суток до их раскрытия проводят кастрацию, как правило, в утренние часы в зависимости от погоды и интенсивности цветения, на первых четырех соцветиях. На одном соцветии опыляют до 4-5 цветков, остальные удаляют. Используют для кастрации специальный пинцет, с помощью которого удобно и быстро удаляется колонка пыльников. Захватывают часть венчика, не касаясь завязи, у основания столбика тычинок, и аккуратно, не повредив столбик, выдергивают тычинки. Нежелательно кастрировать плохо сформировавшиеся бутоны, так как можно повредить завязь. Сразу после опыления у цветка прищипывают два чашелистика, так как это позволяет отличить опыленные цветки от кастрированных [2,3,4,11,12,13].

При массовом производстве гибридных семян томата в целях повышения производительности, кастрацию и опыление можно совмещать. К пинцету для кастрации прикрепляют трубочку с набранной пыльцой, с одной стороны закупоренную ватной палочкой. Перед началом работы ватную палочку пододвигают так, чтобы на одном конце, где находится пыльца, расстояние до края было равно длине пестика. Сразу после кастрации цветка его пестик помещают в эту трубочку, обмакивая рыльце в пыльце. После опыления можно легко наблюдать пыльцу на рыльце, она имеет белый и слегка желтоватый оттенок, и видна на рыльце даже через несколько суток после опыления.

Не рекомендуется проводить опыление при температуре выше $+30^{\circ}\text{C}$, так как при температуре близкой к критической для культуры, снижается фертильность пыльцы, а также липкость и восприимчивость к пыльце рыльца пестиков. Так, ранее у томата было установлено, что оптимальной температурой для прорастания пыльцы является $24...25^{\circ}\text{C}$, при температуре 10°C значительно угнетается её рост. Пыльники растрескиваются обычно через 24-48 часов после распускания цветка. Пыльцевая трубка проходит через столбик около 12 часов. Оплодотворение наблюдали через 50 часов после опыления. Деление зиготы начинается спустя 36-48 часов после оплодотворения [4,14,15,16].

На основании изученных особенностей биологии цветения, опыления и оплодотворения томата, а также ранее разработанных и применяемых методов гибридного семеноводства, нами проведена работа по изучению оптимальных сроков между кастрацией и опылением и усовершенствованием метода опыления в гибридном семеноводстве томата.

Цель исследования – изучение некоторых элементов технологии, оптимального времени между кастрацией и опылением при скрещивании фертильных линий томата. Решали следующие задачи: определить завязываемость плодов при разных сроках опыления томата, оценить посевные качества семян в зависимости от способа опыления и выявить оптимальный срок опыления кастрированных цветков для получения гибридных семян.

Материалы и методы

Исследование проводили в 2022 году в условиях пленочной необогреваемой теплицы в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Объектами изучения послужили различные по времени способы нанесения пыльцы отцовской формы на рыльце материнской.

Опыт проводили между материнской и отцовской среднеплодными полудетерминатными линиями томата в гибридной комбинации.

Варианты нашего опыта включают различные по времени способы нанесения пыльцы отцовской формы на рыльце материнской. Опыление в одно время после кастрации – контрольный вариант, так как является массово применяемым методом, опыление через 4, 12, 24, 48 часов. Варианты с дополнительным опылением на следующие сутки: опыление через 4 (+ через 24 часа), 12 (+ через 24 часа), 24 (+ через 24 часа), 48 часов (+ через 24 часа).

Способ возделывания культуры – через рассаду с пикировкой и посадкой в грунт. Площадь питания – 3,8 растения/м². Формирование куста в один стебель – у материнской линии, и в два стебля – у отцовской.

Пыльцу собирали (рис. 1) ежедневно около полудня, используя вибратор.

Опыление (рис. 3) проводили пыльцой (ранее собранной с добавлением свежей), преимущественно в утренние часы, заранее кастрированных

цветков (рис. 2) в зелено-желтой стадии. Пыльцу наносили пинцетом особой формы на рыльце пестика, в соответствии с вариантами опыта. Согласно вариантам опыта пыльцу наносили на рыльца утром, в полдень – один или два раза.

Определение завязываемости плодов при разных сроках опыления цветков томата проводили подсчетом завязавшихся плодов после опыления в каждом варианте [7,8,10].

Уборку плодов проводили в стадии биологической степени спелости. Выделяли семенную массу из плодов вручную, с последующим сбраживанием в стеклянных емкостях в течение 2-3 суток при температуре 20...25°C. Промывали семена в проточной воде и сушили в тени с естественным проветриванием [4, 17].

Оценку посевных качеств (масса семян, количество семян, масса 1000 семян) проводили взвешиванием на весах, подсчетом семян вручную. Всхожесть и энергию прорастания семян проводили в лабораторно-аналитическом центре ФГБНУ ФНЦО. В чашках Петри на смоченной фильтровальной бумаге равномерно распределяли семена каждого варианта опыта и повторности. После чашки оставляли в термостате при температуре 27°C. Через 5 суток отмечали энергию прорастания, а через 10 суток – всхожесть семян (ГОСТ № 12042-80 и ГОСТ № 12038-84).



Рис. 1. Сбор пыльцы
Fig. 1. Collecting pollen



Рис. 2. Кастрация
Fig. 2. Castration of flowers



Рис. 3. Опыление
Fig. 3. Pollination

Таблица. Посевные показатели гибридных семян томата, полученных в результате разных сроков опыления
Table. Sowing indicators of hybrid tomato seeds obtained as a result of different pollination periods

№	Варианты		Количество семян в одном плоде, шт.	Масса семян одного плода, г	Масса 1000 семян, г
	Опыление через, час	Доопыление через, час			
1	0	-	48	0,2	5,7
2	0	24	58	0,2	4,9
3	4	-	48	0,2	5,0
4	4	24	74	0,3	4,3
5	12	-	56	0,3	4,6
6	12	24	91	0,4	4,1
7	24	-	107	0,5	5,0
8	24	24	144	0,6	4,3
9	48	-	116	0,5	4,0
10	48	24	144	0,6	4,2
HCP ₀₅			36	0,2	1,2

Результаты и обсуждения

В исследовании по оптимизации процесса опыления томата провели комплексную оценку показателей завязываемости плодов при опылении и посевных качеств семян (масса, количество, масса 1000 семян, всхожесть). На основании полученных результатов выявили лучший вариант с опылением кастрированного цветка в зелено-желтой стадии распускания через 24 часа после кастрации с дополнительным опылением еще через 24 часа (табл.).

В нашем исследовании данные массы семян с одного плода в вариантах варьирует от 0,2 до 0,6 г. Наилучший показатель зафиксировали в варианте с опылением через 24 часа с доопылением – 0,6 г, что в 2,5 раза превышает контрольный вариант с опылением в одно время с кастрацией.

Показатель количества семян с одного плода в опыте варьирует от 48 до 144 шт. Наибольшее значение имеет вариант с опылением через 24 часа с доопылением и вариант с опылением через 48 часов с доопылением – 144 шт., что в 3 раза превышает вариант с традиционно применяемым методом опыления. Таким образом, при опылении пыльцой в гибридном семеноводстве томата через 24 часа после кастрации с доопылением можно получить в 3 раза больше семян, и тем самым засеять в 3 раза больше площади растениями томата продовольственного значения.

По массе 1000 семян выявили вариацию показателей от 5,7 до 4,1 г. Наилучший результат установили в варианте с опылением в одно время с кастрацией – 5,7 г.

Наилучший показатель завязываемости (рис. 4), который составил 100%, наблюдали в вариантах опыта: опыление в одно время с кастрацией и с дополнительным опылением, опыление через 4 часа с доопылением, опыление через 12 и 24 часа, через 12 и 24 часа с доопылением.

Выявили высокий показатель всхожих семян (рис. 4) в варианте с опылением через 24 часа – 100%. Гибридные семена всех вариантов опыта по качеству соответствуют требованиям.

Установили, что при опылении пыльцой отцовского компонента через 24 часа после кастрации цветков с дополнительным опылением на следующий день (через 24 часа) выход семян с одного плода на среднеплодной материнской линии томата превышает в 3 раза (144 шт.) по сравнению с обычным опылением в одно время с кастрацией (48 шт.), а также отметили высокую завязываемость плодов (100%) и всхожесть семян (99%).

Заключение

Для получения максимального числа высококачественных семян томата при семеноводстве гетерозисных гибридов F₁ рекомендуем проводить опыление кастрированных цветков материнской формы пыльцой отцовского компонента через 24 часа после кастрации с повторным доопылением еще через 24 часа. Достоверность ручного опыления контролировать прищипкой одного чашелистика при каждом опылении.

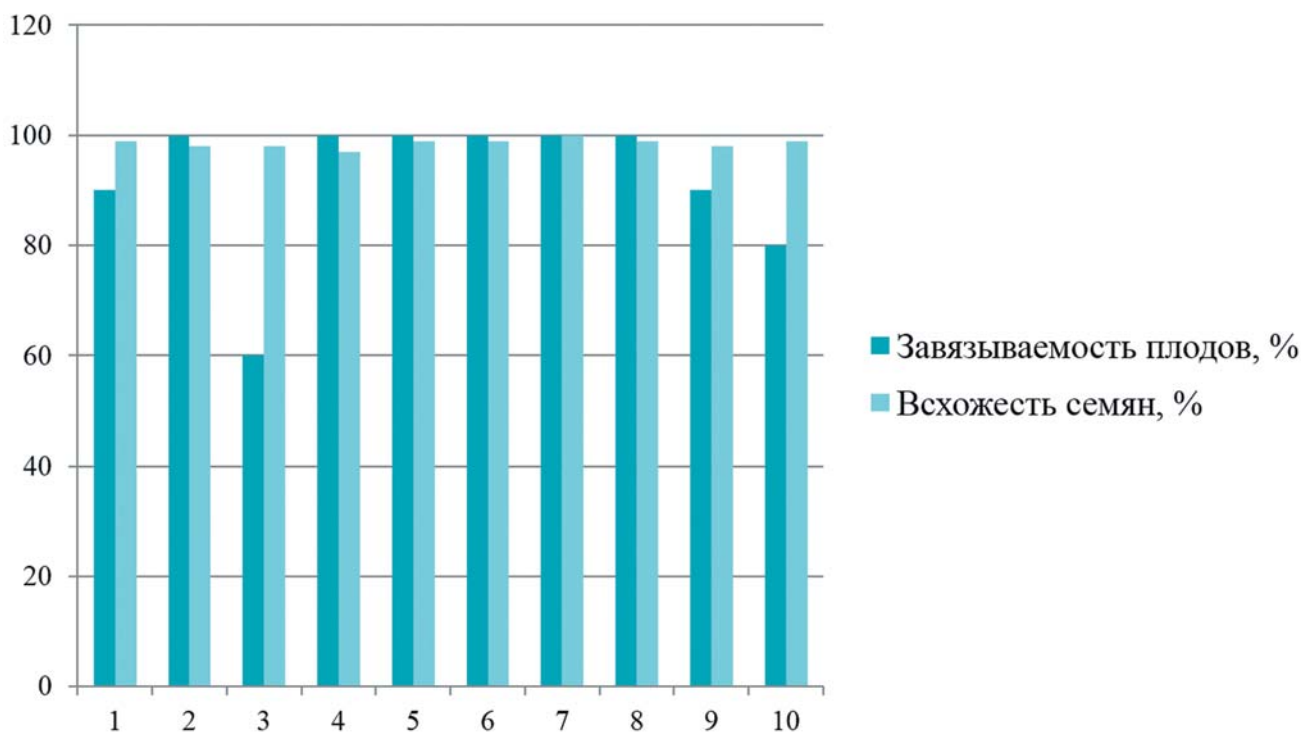


Рис. 4. График показателей завязываемости плодов при опылении и всхожести семян

Fig. 4. Graph of fruit setability during pollination and seed germination

Примечание: 1 - опыление и кастрация в одно время; 2 - опыление и кастрация в одно время с дополнительным опылением на следующий день; 3 - опыление через 4 часа после кастрации; 4 - опыление через 4 часа после кастрации с дополнительным опылением на следующий день; 5 - опыление через 12 часов после кастрации; 6 - опыление через 12 часов после кастрации с дополнительным опылением на следующий день; 7 - опыление через 24 часа после кастрации; 8 - опыление через 24 часа после кастрации с дополнительным опылением на следующий день; 9 - опыление через 48 часов после кастрации; 10 - опыление через 48 часов после кастрации с дополнительным опылением на следующий день

• Литература

1. Демиденко Е.В., Игнатова С.И. Оптимизация процесса опыления в гибридном семеноводстве томата. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Киров, 08–09 ноября 2023 года. Киров: Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 2023. С. 51-56. <https://elibrary.ru/hvj1zz>
2. Авдеев Ю.И. Авторское свидетельство № 1277930 Способ селекции гетерозисных гибридов томатов. Всесоюзный научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства. 1986.
3. Тараканов Г.И., Гавриш С.Ф., Андреева Е.Н. и др. Авторское свидетельство № 1470250 Способ выращивания родительских форм томатов для получения гибридных семян. Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. 1989.
4. Игнатова С.И., Горшкова Н.С., Шуничев С.И., и др. Технология семеноводства и особенности выращивания сортов и гибридов томата (методические указания). Агропромиздат. 1986. 31 с.
5. Данаилов Ж.П., Ганева Д.Г. Селекция и семеноводство томата в Болгарии. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2015;(46):237-248. <https://elibrary.ru/uixxvt>
6. Огнев В.В., Ильясов В.В. Новый подход к семеноводству гетерозисных гибридов томата. *Картофель и овощи*. 2009;(10):24-25. <https://elibrary.ru/lluwgt>
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
8. Гусева Л.И. Методы селекции томата для интенсивных технологий. К.: Штиинца, 1989. 223 с.
9. Кильчевский А.В., Скорина В.В. Селекция гетерозисных гибридов томата: Монография. Гorki: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2005. 217 с.
10. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства. 2011. 648 с.
11. Алпатъев А.В., Сокол П.Ф., Хренова В.В. и др. Методические указания по селекции и семеноводству овощных культур, возделываемых в защищенном грунте (томаты, перец). М.: «ВАСХНИЛ». 1976. 85 с.
12. Литвинова М.К., Пустовалов С.В. Семеноводство гетерозисных гибридов. Изд-во Мичуринского ГАУ. 2005. 19 с.
13. Востриков В.В. Приемы повышения эффективности гибридного семеноводства томата в открытом грунте центральной черноземной зоны. Автореферат дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05. Москва, 2005. 24 с.
14. Лобанов Г.А. Влияние различного количества пыльцы на оплодотворение. *Агроботаника*. 1950. С.78-86.
15. Голубинский И.А. Биология пыльцы. Киев. 1974. 364 с.
16. Жученко А.А. Генетика томатов. Кишинев. 1973. 664 с.
17. Штайнерт Т.В., Синицына З.П., Алилуев А.В., Авдеев Л.М., Теплова Н.С., Полдникова В.Ю., Романов А.М. Семенная продуктивность различных сортов томата в условиях Новосибирской области. *Овощи России*. 2019;(4):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-44-49> <https://elibrary.ru/pehkdw>

• References

1. Demidenko E.V., Ignatova S.I. Optimization of pollination process in hybrid tomato seed production. Methods and technologies in plant breeding and crop production: Materials of the X International Scientific and Practical Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy Sciences, Kirov, November 08–09, 2023. Kirov: Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, 2023. P. 51-56. (In Russ.) <https://elibrary.ru/hvj1zz>
2. Avdeev Y.I. Copyright certificate № 1277930 Method of breeding heterotic tomato hybrids. All-Union Scientific Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing. 1986. (In Russ.)
3. Tarakanov G.I., Gavrish S.F., Andreeva E.N. et al. Copyright certificate №1470250 Method of growing parent forms of tomatoes to produce hybrid seeds. Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 1989. (In Russ.)
4. Ignatova S.I., Gorshkova N.S., Shunichev S.I., et al. Seed technology and peculiarities of growing tomato varieties and hybrids (guidelines). Agropromizdat. 1986. 31 p. (In Russ.)
5. Danailov Z.P., Ganeva D.G. Tomato breeding and seed production in Bulgaria. *Breeding and seed production of vegetable crops*. 2015;(46):237-248. (In Russ.) <https://elibrary.ru/uixxvt>
6. Ognev V.V., Ilyasov V.V. A new method of approaching to seed growing of tomato heterotic hybrids. *Potato and vegetables*. 2009;(10):24-25. (In Russ.) <https://elibrary.ru/lluwgt>
7. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.)
8. Guseva L.I. Methods of tomato breeding for intensive technologies. K.: Stiintsa, 1989. 223 p.
9. Kilchevsky, A.V., Skorina V.V. Selection of heterotic tomato hybrids: Monograph. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2005. 217 p. (In Russ.)
10. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow: GNU All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing. 2011. 648 p. (In Russ.)
11. Alpatiev A.V., Sokol P.F., Khrenova V.V. and others. Methodological guidelines for the selection and seed production of vegetable crops cultivated in protected soil (tomatoes, peppers). M.: "VASHNIL". 1976. 85 p. (In Russ.)
12. Litvinova, M.K., Pustovalov, S.V. Seed production of heterotic hybrids. Publishing house of Michurinsky State University. 2005. 19 p. (In Russ.)
13. Vostrikov V.V. Methods of increasing the efficiency of hybrid tomato seed production in the open ground of the central chernozem zone Abstract of the dissertation of the Candidate of agricultural sciences: 06.01.05. Moscow, 2005. 24 p. (In Russ.)
14. Lobanov G.A. The effect of different amounts of pollen on fertilization. *Agrobiology*. 1950. P.78-86. (In Russ.)
15. Golubinsky I.A. Biology of pollen. Kyiv. 1974. 364 p. (In Russ.)
16. Zhuchenko A.A. Genetics of tomatoes. Chisinau. 1973. 664 p. (In Russ.)
17. Steinert T.V., Sinitsyna Z.P., Aliluyev A.V., Avdeenko L.M., Teplova N.S., Poldnikova V.Yu., Romanov A.M. Seed productivity of various tomato varieties in the conditions of the Novosibirsk region. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(4):44-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-44-49> <https://elibrary.ru/pehkdw>

Об авторах:

Екатерина Васильевна Демиденко – младший научный сотрудник, SPIN-код: 5310-4729, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, автор для переписки, ekaterina919203@mail.ru
Светлана Ильинична Игнатова – доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3743-9426>, SPIN-код: 1854-1148, svil@bk.ru

About the Authors:

Ekaterina V. Demidenko – Junior Researcher, SPIN-code: 5310-4729, Corresponding Author, ekaterina919203@mail.ru
Svetlana I. Ignatova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3743-9426>, SPIN-code: 1854-1148, svil@bk.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-22-29>
УДК: 633.63:631.524.85

Т.В. Вострикова*, М.А. Богомолов,
А.А. Сенютин, Л.Н. Путилина

ФГБНУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт сахарной
свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»
396030, Россия, Воронежская область,
Рамонский район, ВНИИСС, д. 86

*Автор для переписки: tanyavostric@rambler.ru

Вклад авторов: Вострикова Т.В.: проведение исследования, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и её редактирование; Богомолов М.А.: проведение лабораторных и полевых исследований, создание рукописи; Сенютин А.А.: проведение полевых исследований; Путилина Л.Н.: проведение лабораторных исследований, методология, верификация и администрирование данных, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вострикова Т.В., Богомолов М.А., Сенютин А.А., Путилина Л.Н. Селекция свеклы сахарной на устойчивость к абиотическим факторам среды. *Овощи России*. 2024;(6):22-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-22-29>

Поступила в редакцию: 04.07.2024

Принята к печати: 25.09.2024

Опубликована: 29.11.2024

Tatyana V. Vostrikova*, Mikhail A. Bogomolov,
Andrey A. Senyutin, Lyudmila N. Putilina

Federal State Budgetary Scientific Institution
“A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and Sugar”
86, VNISS, Ramonsky district,
Voronezh region, 396030, Russia

*Correspondence Author:
tanyavostric@rambler.ru

Authors' Contribution: Vostrikova T.V.: study implementation, conceptualization, methodology, data verification and administration, manuscript preparation and editing; Bogomolov M.A.: laboratory and field studies, manuscript preparation; Senyutin A.A.: field studies; Putilina L.N.: laboratory studies, methodology, data verification and administration, manuscript editing.

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

For citation: Vostrikova T.V., Bogomolov M.A., Senyutin A.A., Putilina L.N. Breeding sugar beet for the resistance to abiotic environmental factors. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):22-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-22-29>

Received: 04.07.2024

Accepted for publication: 25.09.2024

Published: 29.11.2024

Селекция свеклы сахарной на устойчивость к абиотическим факторам среды



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Отбор на продуктивность и стабильность на разных этапах селекционного процесса включает оценку адаптивной способности и экологической стабильности генотипов. Поэтому селекция на устойчивость к абиотическим факторам среды тесно связана с адаптивной селекцией, которой в последние годы уделяют особое внимание.

Материал и методика. Работа выполнена в ФГБНУ «Всероссийском научно-исследовательском институте сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова» в 2011-2020 годах. Мужскостерильные формы свеклы сахарной скрещивали с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (селекции ВНИИСС) методом топкросс. У полученных гибридов оценивали урожайность, сахаристость и сбор сахара по стандартным методикам, используемым в ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова». Проводили ежегодную работу, включающую отборы лучших и браковки худших вариантов по исследуемым признакам. Производили оценку линий, гибридных комбинаций свеклы сахарной на устойчивость к комплексу неблагоприятных природно-климатических факторов по признакам урожайности, сахаристости и семенной продуктивности.

Результаты. Результаты улучшающих отборов в течение десяти лет показывают увеличение массы корнеплода и содержания сахара у исходных раздельноплодных и сростноплодных материалов. Выделены раздельноплодные (МС-2113, МС-Перла) и сростноплодные (ОП-15465, ОП-15676, ОП-15202) линии с высокой комбинационной способностью по урожайности и сахаристости корнеплодов. Отмечено повышение результирующего параметра – сбора сахара – к 2020 г. (до 8,8-9,0 т/га), иллюстрирующее положительную динамику селекционного процесса сахарной свеклы для растений первого года жизни. Показано увеличение массы 1000 семян (до 13,4-13,9 г) и раздельноплодности (до 98-99 %) в процессе селекции для растений второго года жизни.

Заключение. У исследуемых гибридных комбинаций отмечается широкая норма реакции на комплекс природно-климатических факторов: повышенные температуры в сочетании с высокой и низкой влажностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

свекла сахарная, гибрид, мужскостерильные формы, комбинационная способность, продуктивность

Breeding sugar beet for the resistance to abiotic environmental factors

ABSTRACT

Relevance. The selection for productivity and stability on different stages in the breeding process includes an assessment of the adaptive capacity and genotypes ecological stability. Therefore breeding for the resistance to abiotic environmental factors is closely connected with the adaptive breeding, which has received special attention in recent years.

Methodology. The work was carried out at the “A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar” in 2011-2020. Male-sterile forms of sugar beet were crossed with fertile diploid multi-seeded pollinators (ARRISBS selections) by topcross method. The resulting hybrids were assessed for yield, sugar content and sugar collection according by standard methods used at the “A.L. Mazlumov ARRISBS”. It is carried out the annual work, including selection of the best and rejection of the worst options for the studied characteristics. An assessment was made of lines and hybrid combinations of sugar beet for the resistance to a complex of unfavorable natural and climatic factors based on the characteristics of yield, sugar content and seed productivity.

Results. The results of improving selections over ten years show an increase in the weight of the root crop and the sugar content for the original single-seeded and multi-seeded materials. Single-seeded (MS-2113, MS-Perla) and multi-seeded (OP-15465, OP-15676, OP-15202) lines with high combining ability in terms of yield and sugar content of root crops were identified. An increase in the resulting parameter – sugar collection – was noted by 2020 (to 8,8-9,0 t/ha), illustrating the positive dynamics of the breeding process of sugar beet for plants of the first life year. An increase in the weight of 1000 seeds (to 13,4-13,9 g) and separate fruiting (to 98-99%) was shown during the breeding process for plants of the second life year.

Conclusion. The studied hybrid combinations have a wide reaction rate to a complex of natural climatic factors: elevated temperatures in combination with high and low humidity.

KEYWORDS:

sugar beet, hybrid, male sterile forms, combining ability, productivity

Введение

Отбор на продуктивность и стабильность на разных этапах селекционного процесса включает оценку адаптивной способности и экологической стабильности генотипов. Поэтому селекция на устойчивость к абиотическим факторам среды тесно связана с адаптивной селекцией, которой в последние годы уделяют особое внимание. Центральным понятием является термин «адаптивный потенциал», под которым понимают предел устойчивости растений. Другие авторы под адаптивным потенциалом подразумевают устойчивость культурных растений к неблагоприятным факторам: насекомым-вредителям, засорённости посева, болезням, засухе, засолению почвы, холоду [1].

Селекцию на устойчивость к неблагоприятным факторам среды проводили у зерновых [1, 2], плодовых [3, 4], овощных культур [5-7]. Было замечено, что у культурных растений наиболее сходными оказываются реакции экологической устойчивости, а признаки продуктивности (урожайность и др.) специфичны [8].

Касательно свеклы сахарной возможно повышать толерантность к абиотическим факторам среды, а также увеличивать сбор сахара (урожайность, сахаристость), семенную продуктивность. В настоящее время адаптивная селекция приобретает все большее значение в связи с изменяющимися экологическими факторами. Под адаптивной селекцией понимают совокупность методов, обеспечивающих получение сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона, для которого ведется отбор [9]. Основной целью адаптивной селекции является сочетание продуктивности и устойчивости к абиотическим, биотическим и антропогенным стрессорам в одном сорте (генотипе, популяции) [1].

Однако одна и та же гибридная комбинация может иметь разную продуктивность в зависимости от влияния экологических факторов: абиотических – погодных, эдафических условий (плотности почвы, внесения удобрений и др.) и биотических – наличия или отсутствия, различной степени поражения болезнями и вредителями. В связи с этим важен подбор пар для скрещивания с высокой комбинационной способностью компонентов для получения продуктивных гибридов в разных экологических условиях [10]. Например, зарубежными авторами было проведено исследование сахарной кукурузы на скороспелость и зависимость генотипа от взаимодействия с окружающей средой. Оценивали производительность полудиаallelных популяций с использованием инбредных линий сахарной кукурузы и их гибридов F_1 с двумя коммерческими проверками на зрелость и признаки урожайности [2].

Существует мнение об относительной независимости разных генетических систем, контролирующих потенциалы экологической устойчивости и продуктивности культивируемых растений [8, 9]. Установлено, что односторонняя селекция растений на повышение потенциальной продуктивности приводит к снижению устойчивости культивируемых растений к абиотическим и биотическим стресс-факторам, поэтому такие сорта характеризуются большей вариабельностью по урожайности в неблагоприятных условиях среды [3, 8]. Так, например, результаты сравнительной оценки пока-

зали лучшие урожаи генотипов озимой тритикале (*Triticosecale* Wittmack) и озимой ржи (*Secale cereale* L.) по сравнению с озимой пшеницей (*Triticum aestivum* L.), в том числе, в неблагоприятных экологических условиях [11].

Оценка комбинационной способности изучаемых сортов и линий позволяет предвидеть результаты будущих скрещиваний и отбирать перспективный материал, избегая при этом затрат времени и средств на получение и испытание большого числа гибридов, не имеющих практической ценности [5-9, 12]. Комбинационная способность передается потомству, как при самоопылении, так и при скрещивании [12]. При оценке линий различают общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС). ОКС выражает среднюю ценность линии в гибридных комбинациях [9, 10]. СКС используют для характеристики отдельных комбинаций на основании среднего качества изучаемых родительских форм [5, 9]. Гетерозис – свойство гибридов превосходить по определенным признакам родительские компоненты, взятые для скрещивания [12].

С целью сокращения числа гибридных комбинаций и уменьшения объема работы при оценке родительских форм по комбинационной способности проводят скрещивания методом топкросс, когда анализируемые линии скрещивают с одним тестером [9]. Этот метод получил широкое распространение в селекции кукурузы и других перекрестноопыляющихся культур [1, 2, 5, 12]. Установлено, что линии, выделенные на основе топкросс, дают лучшие межлинейные гибриды [5, 9]. Использование линии в качестве тестера повышает результативность селекционной работы. В результате тестирования мы можем определить не только ОКС, но и выделить линии с высокой СКС и за одно тестирование получить перспективные высокогетерозисные и высокопродуктивные гибриды [5, 9-13]. Например, анализ скрещиваний линии \times тестер проявил себя как эффективный метод оценки общей и специфической комбинационной способности кунжута (*Sesamum indicum* L.) по признакам дробления, урожайности и качества масла (пятнадцать линий и три тестера). Далее последовало скрещивание отобранных толерантных и чувствительных образцов методом линия \times тестер с получением F_1 , родительского материала и коммерчески культивируемых сортов, высеянных в полевых условиях, чтобы установить генетические механизмы для оценки проявления гетерозиса и смежности поколений [14].

Общая комбинационная способность обусловлена аддитивным действием генов, то есть наследуется по принципу простого сложения признаков родительских форм, а специфическая является результатом проявления эффектов доминирования и взаимодействия генов с окружающей средой.

Цель исследования состояла в оценке линий, гибридных комбинаций сахарной свеклы по признакам урожайности, сахаристости и семенной продуктивности в контрастных погодных условиях.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на территории ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова в условиях трехпольного севообо-

рота. Предшественником свеклы сахарной первого года жизни являлась озимая пшеница, а почвой – чернозем выщелоченный. Изолированные участки для свеклы сахарной второго года жизни располагались в посевах пшеницы озимой с соблюдением правил изоляции [15]. Почвенные характеристики чернозема выщелоченного на разных полях несколько колебались: гумус – 4,83-5,53 %; $N-NO_3^-$ = 1,39-1,49 мг/100 г почвы; P_2O_5 = 8,87-10,6 мг/100 г почвы; K_2O = 10,2-11,3 мг/100 г почвы [16].

Метод топкросс используют при изучении комбинационной способности линий с цитоплазматической мужской стерильностью, где возможно их использование только в качестве материнской, а фертильной в качестве опылителей [5, 8, 13]. Мы использовали мужско-стерильную форму свеклы сахарной МС-2113 (инбредная линия селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова) [10, 13, 17] в качестве тестера и скрещивали ее с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова).

Линия МС-2113 – стерильная, раздельноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом округло-конической формы. Апомиктичная линия, полученная с помощью индуцированного опыления гамма-облученной пылью дикой свеклы и последующим повторно-индивидуальным отбором по раздельноплодности, стерильности, продуктивности. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, корнеедом поражается на уровне стандарта. Отличается способностью к апомиктическому способу семенной репродукции.

Линия ОП-15202 – фертильная, сростноплодная, диплоидная, сахаристого направления с корнеплодом овально-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, корнеедом поражается на уровне стандарта.

Линия ОП-15465 – фертильная, сростноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом округло-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, церкоспоро-зу, корнеедом поражается на уровне стандарта.

Линия ОП-15676 – фертильная, сростноплодная, диплоидная, урожайно-сахаристого направления с корнеплодом овально-конической формы. Обладает хорошей комбинационной способностью, устойчивостью к корневым гнилям, вирусу желтухи свеклы, церкоспоро-

зу, корнеедом поражается на уровне стандарта.

У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности (урожайность, сахаристость и сбор сахара). В ранних исследованиях (2010-2012 гг.) в качестве стандарта были использован диплоидный гибрид селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова РМС-70. В более поздних (2019-2020 гг.) экспериментах стандартом служил иностранный диплоидный гибрид Баккара (оригинатор «Mezon Florimond Desprez»). Поскольку свекла сахарная – двухлетняя культура, в первый год жизни выращивают корнеплоды, которые выкапывают осенью, сохраняют в зимнее время в специальных хранилищах при низких положительных температурах, а весной высаживают на изолированных участках и производят скрещивание отрастающих от них растений (второй год жизни). Время цветения основания и верхушки генеративных побегов различается. У основания цветение и завязывание семян происходит ранее. Для улучшения поступления питательных веществ к развивающимся семенам верхушки генеративных побегов (которые цветут позднее, цветки и семена мельче, в целом слабее) на стадии цветения прищипывают (пинцировка) на расстоянии до 10 см от верхушки. Летом собирают семена, которые высевают в следующем году, оценивают признаки продуктивности в сравнении со стандартом [10, 13, 15, 17]. В связи с этим в таблицах указаны годы испытания семян и проведения оценки параметров продуктивности корнеплодов.

Количественные признаки растений, том числе семенная продуктивность, урожайность, а в отношении сахарной свеклы и сахаристость зависят от сочетания температуры и влажности. В качестве меры засухи широко используется гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова, характеризующий соотношение тепла и влаги [18]. Интенсивность засухи определяли по ГТК и классификации засух [19] в Центральном Черноземье на основе данных ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (табл. 1).

Оценку урожайности и сахаристости линий свеклы сахарной проводили путем взятия средней пробы с делянки. Размер опытной делянки 54 м², учетной делянки – 13,5 м². Анализ корнеплодов для определения массы корнеплода и сахаристости проводили на автоматизированной линии ВЕНЕМА (производитель фирма "Venema Automation b.v.", Нидерланды) [10, 12, 13]. Исследования производили по стандартным методикам [10, 12, 13]. Достоверность полученных результатов оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа.

Таблица 1. Гидротермические коэффициенты в Воронежской области (по данным ВНИИСС)
Table 1. Hydrothermal coefficients in the Voronezh region (according to ARRISBS data)

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Среднее за вегетационный сезон
2010	2,3	1,0	0,4	0,4	0,6	1,0	5,5	1,6
2011	2,1	0,8	1,5	0,8	1,1	0,5	2,0	1,1
2012	1,7	0,2	1,4	0,9	3,9	1,0	3,5	1,8
2019	1,0	0,7	0,3	1,1	0,2	0,6	2,5	0,9
2020	0,8	1,2	0,3	0,5	0,1	0,1	1,6	0,6

Результаты исследований и их обсуждение

Из литературы известно, если весь вегетационный период растений сахарной свеклы первого года жизни разделить на три равные части, то соотношение расхода воды на испарение будет 1 : 9 : 3. Середина второго периода (конец июля – начало августа) наиболее критична по потребности во влаге [15]. Проанализировали начальный период вегетации в соответствии с гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (ГТК) [18, 19].

В 2012 году отмечен недостаток осадков в мае, что в начальном периоде роста свеклы компенсируется остаточной почвенной влагой. В июне 2011, 2012 годов зафиксировано удовлетворительное количество осадков. Начало второго периода (в общем наиболее критичного по потребности во влаге для сахарной свеклы [15]) – июль – характеризовалось недостатком влаги, особенно в 2020 году (ГТК=0,5). Август и сентябрь, когда происходит наиболее сильное увеличение корнеплода и повышение сахаристости, в анализируемые годы были разнообразны по количеству осадков: от существенного недостатка в 2020 году до избытка в августе 2012 года.

При выращивании свеклы сахарной и исследовании продуктивности нужно учитывать погодные условия в год формирования семян, поскольку реализация адаптивного потенциала зависит, с одной стороны, от ее генетических особенностей, с одной стороны, от возможности их проявления, от условий окружающей среды [3-8]. Хотя в 2010 году – годовой ГТК=1,6 (удовлетворительный), отмечались экстремально высокие температуры в июле и недостаток влаги в периоды цветения, формирования и созревания семян в июне-июле ГТК=0,4 (табл. 1). Мы предполагаем, что неблагоприятные погодные условия могли привести к снижению доброкачественности семян, которое впоследствии проявилось в 2011 году в невысокой продуктивности (табл. 2).

В более благоприятных климатических условиях 2011 года по сравнению с 2020 годом такие показатели продуктивности, как масса корнеплода и содержание сахара были более низки, чем в 2020 году (табл. 2). Это может свидетельствовать о положительных результатах селекции сахарной свеклы (отборе лучших особей по массе корнеплода и содержанию сахара, браковке худших, в том числе по форме корнеплода).

Таблица 2. Сравнительная характеристика исходных материалов селекционного питомника
Table 2. Comparative characteristics of the starting materials in the breeding nursery

№	Линии	2011 год		2020 год	
		масса корнеплода, г	содержание сахара, %	масса корнеплода, г	содержание сахара, %
1	МС-2113	350 3	16,5 0,1	380 4	17,6 0,2
2	РФ-2113	370 4	16,4 0,1	405 4	17,5 0,2
3	МС-2093	380 4	16,4 0,1	395 4	17,4 0,2
4	РФ-2093	385 4	16,3 0,1	410 4	17,4 0,1
5	МС-Перла	360 3	16,8 0,1	385 4	17,9 0,3
6	РФ-Перла	375 4	16,9 0,2	400 4	17,8 0,2
7	МС-94-АР	400 4	16,6 0,1	425 4	17,7 0,2
8	МС-90-47	370 4	16,8 0,2	390 4	18,0 0,3
9	ОП-15202	380 4	16,9 0,1	410 4	17,9 0,3
8	ОП-14044	490 5	16,8 0,1	505 5	17,8 0,3
10	ОП-15465	375 4	16,6 0,1	475 5	17,6 0,2
11	ОП-15676	425 4	16,8 0,2	435 5	17,8 0,3
12	КО-16	620 6	12,4 0,2	635 6	13,5 0,3
13	ЛБС-16	410 4	16,9 0,1	430 5	17,9 0,4
14	ЛБО-17	420 4	16,8 0,1	450 5	17,8 0,3
15	ЛБС-18	440 5	16,7 0,2	470 5	17,7 0,3
16	ЛБО-19	450 5	16,7 0,2	480 5	17,6 0,3
17	стандарт	340 3	15,2 0,2	450 4	17,4 0,2
	НСР _{0,05}	9,5	0,4	10,3	0,8

В 2019 году оценивали параметры продуктивности исходного материала, т.е. скрещивания одноименных МС-линий и О-типов (для поддержания стерильности). В таблице 3 представлены признаки продуктивности МС-линий сахарной свеклы в сравнении с ранее используемым и более современным стандартом. Анализ продуктивных признаков показывает, что гибрид РМС-70, который ранее использовался в качестве стандарта, не проявил высокой урожайности (96,9% по сравнению с зарубежным гибридом), хотя сахаристость была на уровне зарубежного гибрида (101,6% по сравнению со стандартом). МС-2113 и МС-Перла проявили повышенную продуктивность, особенно МС-Перла, отличившаяся сахаристостью.

Перла (сахаристого типа) проявлял высокую комбинационную способность, которая выражалась в увеличении продуктивности в сравнении со стандартом и другими гибридными комбинациями за счет повышенной сахаристости (табл. 4). ОП-15465 в сочетании с МС-2113 имел высокую комбинационную способность МС-Перла, МС-90-47 и ОП-15202 (сахаристого типа) превосходили по содержанию сахара некоторые другие линии (табл. 2). ОП-15202 показал хорошую комбинационную способность в сочетании с МС-2113 (табл. 4).

Ранее в наших исследованиях отмечалось, что в зависимости от погодных условий одна и та же гибридная комбинация проявляла как отрицательный гетерозис, так и сверхдоминирование или истинный гетерозис в разные годы [13]. Таким образом, у исследуемых гибридных комбинаций отмечается широкая норма реакции на комплекс природно-климатических факторов.

Комбинационная способность скрещиваемых пар МС компонента и сростноплодного опылителя в большей степени зависит от продуктивности родительских линий. В зависимости от погодных условий в парах МС компонента и сростноплодного опылителя, отобранных для скрещивания, могут отмечаться отклонения от среднего значения и от значения лучшего родителя по признакам урожайности и сахаристости как в положительную, так и в отрицательную сторону. Специфика проявления признаков продук-

Таблица 3. Признаки продуктивности линий свеклы сахарной (2019 год)
Table 3. Productivity signs of sugar beet lines

Материал	Густота насаждения, тыс. га	В абсолютных показателях			В % от стандарта		
		урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га	урожайность	сахаристость	сбор сахара
Стандарт Баккара	111,3	24,18	17,44	4,22	100,0	100,0	100,0
РМС-70	115,0	23,44	17,72	4,15	96,93	101,61	98,34
МС-2113 x РФ-2113	106,7	27,53	17,57	4,84	113,85	100,75	114,69
МС-Перла x РФ-Перла	97,8	27,69	17,98	4,98	114,51	103,09	118,01

В 2012 году избыток влаги в августе и ее достаточное количество в сентябре в сочетании с повышенными температурами благоприятно сказались на продуктивности и ростовой способности, показателем которой возможно считать урожайность корнеплодов (табл. 4). Влияние метеорологических условий на растения свеклы сахарной первого года жизни было особо отмечено и другими авторами на участках с дефицитом влаги [4, 8, 11].

Урожайность и, соответственно, сбор сахара были более высоки в 2012 и в 2020 годах, чем в 2011 году, особенно в гибридной комбинации с участием ОП-15676 (урожайно-сахаристого типа). ОП-15465 (урожайно-сахаристого типа) в гибридной комбинации с МС-

Таблица 4. Признаки продуктивности гибридных комбинаций свеклы сахарной
Table 4. Productivity signs in hybrid combinations of sugar beet

№ п/п	Комбинация	2011 год			2012 год			2020 год		
		урож., т/га	сахар, %	сбор, т/га	урож., т/га	сахар, %	сбор, т/га	урож., т/га	сахар, %	сбор, т/га
1	Стандарт	34,45	15,23	5,28	39,59	15,84	6,27	50,33	17,44	8,78
2	МС-2113 x ОП-15465	37,31	15,49	5,79	42,69	15,91	6,79	49,73	17,85	8,88
3	МС-2113 x ОП-15202	37,29	16,97	6,33	41,33	16,88	6,98	50,01	17,91	8,96
5	МС-2113 x ОП-15676	37,89	16,98	6,42	58,51	16,17	7,72	49,66	17,76	8,82
6	МС-Перла x ОП-15465	34,09	15,63	5,32	41,68	16,44	6,85	48,63	18,53	9,01
	НСР _{0,05}	3,78	0,32	0,60	4,49	0,24	0,71	4,20	0,21	0,79

Обозначения: урожай. – урожайность, сахар – сахаристость, сбор – сбор сахара



**Растение первого года жизни
линии МС-Перла**



**Растение второго года жизни
линии МС-Перла**

тивности определяется, с одной стороны, наследственными особенностями родительских линий, с другой стороны, совокупностью взаимодействия генов с факторами окружающей среды [13].

Гетерозис гибридов в большей степени зависит от продуктивности родительских линий. Однако важную роль играет комбинационная способность исходного материала сахарной свеклы. Одним из главных путей дальнейшего повышения продуктивности свеклы и производства сахара является создание и внедрение высокопродуктивных гибридов. Ранее отмечалось, что при создании нового исходного материала для гибридной селекции сахарной свёклы требуется совершенно иной селекционный материал – гомозиготные инбредные линии. Эффективным методом, значительно увеличивающим разнообразие потомства, явилось использование гамма-облучённой пыльцы диких видов свёклы. На основе созданных линий сформирован ряд эффективных гибридных комбинаций. Одна из них представлена на примере апомиктической гамма-индуцированной линии МС-2113, обладающей хорошей комбинационной способностью по урожайности и сахаристости корнеплодов, что увеличивает сбор сахара [10, 13, 17].

Результаты исследований некоторых показателей семенной продуктивности иллюстрируют увеличение массы 1000 семян и раздельноплодности в процессе селекции (табл. 5). Замечено положительное влияние улучшающих отборов и механической чеканки семенных растений свеклы сахарной (удаление верхушки генеративного побега на расстоянии 1/6-1/4 от средней высоты семенных растений или на 20-30 см) на урожайность и посевные качества семян [20]. Было сделано заключение об оптимальном сочетании приемов чеканки на 1/6-1/4 от средней высоты семенных растений с улучшающими отборами, что обеспечивает повышение лабораторной всхожести без существенного снижения урожайности семян [20]. В селекционном процессе сахарной свеклы была выделена самопинцирующаяся линия МС-Перла, у которой отмирает верхушка генеративного побега.

Таблица 5. Сравнительная характеристика некоторых показателей семенной продуктивности свеклы сахарной
Table 5. Comparative characteristics of some indicators in sugar beet seed productivity

№	Линии	2011 год		2020 год	
		масса 1000 семян, г	раздельноплодность, %	масса 1000 семян, г	раздельноплодность, %
1	МС-2113	12,70	98,7	13,40	99,6
2	РФ-2113	12,80	97,2	13,70	99,1
3	МС-2093	12,40	95,4	13,65	96,8
4	РФ-2093	12,75	96,5	13,80	98,0
5	МС-Перла	12,85	97,8	13,95	99,5
6	РФ-Перла	12,30	95,3	13,70	96,8

Заключение

Произведена оценка линий, гибридных комбинаций свеклы сахарной на устойчивость к комплексу неблагоприятных природно-климатических факторов по признакам урожайности, сахаристости и семенной продуктивности. Результаты улучшающих отборов в течение десяти лет показывают увеличение массы корнеплода и содержания сахара у исходных односемянных и многосемянных материалов. Выделены раздельноплодные (МС-2113, МС-Перла) и сростноплодные (ОП-15465, ОП-15676, ОП-15202) линии с высокой комбинацион-

ной способностью по урожайности и сахаристости корнеплодов. Отмечено повышение результирующего параметра – сбора сахара – к 2020 г., иллюстрирующее положительную динамику селекционного процесса сахарной свеклы для растений первого года жизни. Показано увеличение массы 1000 семян и раздельноплодности в процессе селекции для растений второго года жизни. У исследуемых гибридных комбинаций отмечается широкая норма реакции на комплекс природно-климатических факторов: повышенные температуры в сочетании с высокой и низкой влажностью.

• Литература

1. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. Гродно: ГГАУ; 2011. 140 с.
2. Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):319-328. <https://doi.org/10.54910/sabao2023.55.2.5>
3. Дорошенко Т.Н., Захарчук Н.В., Рязанова Л.Г. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России: монография. Краснодар: Просвещение – Юг; 2010. 140 с.
4. Юшков А.Н., Борзых Н.В. Сравнительная оценка засухоустойчивости исходных форм яблони и вишни в природных и моделируемых условиях. *Современное садоводство: электронный журнал*. 2013;(2):1-6. <https://www.elibrary.ru/seienr>
5. Монахос Г.Ф. Схема создания двухлинейных гибридов капустных овощных культур на основе самонесовместимости. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2007;(2):86-93. <https://www.elibrary.ru/iadqjx>
6. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Солдатенко А.В. Экологические методы селекции на минимальное накопление радионуклидов. *Сельскохозяйственная биология*. 2009;(1):21-27. <https://www.elibrary.ru/jzfqdv>
7. Шумилина Д.В., Шмыкова Н.А., Бондарева Л.Л., Супрунова Т.П. Влияние генотипа и компонентов среды на эмбриогенез в культуре микроспор капусты китайской *Brassica rapa ssp. chinensis* сорта Ласточка. *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2015;(4):368-375. <https://www.elibrary.ru/rxzyvp> <https://doi.org/10.7868/S000233291504013X>
8. Жученко А.А. Роль прогнозирующих возможностей закона гомологических рядов в наследственной изменчивости при поиске адаптивно значимых и хозяйственно ценных генофондов. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2012;(4):28-38. <https://elibrary.ru/pgbis1>
9. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Общая генетика растений. Т.1. Минск: Белорус. наука; 2008. 551 с.
10. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Комбинационная способность в адаптивной селекции сахарной свёклы. *Сахар*. 2023;(11):22-27. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-11-22-27> <https://elibrary.ru/fyqsap>
11. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2022;54(4):789-802. <http://doi.org/10.54910/sabao2022.54.4.10>
12. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Комбинационная способность в селекционных исследованиях сахарной свёклы. *Сахар*. 2023;(9):34-38. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-9-34-38> <https://elibrary.ru/oehowb>
13. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Оценка комбинационной способности МС-линий и многосемянных опылителей сахарной свёклы для подбора пар при скрещивании. *Сахар*. 2022;(6):44-48. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48> <https://elibrary.ru/ojtlxg>
14. Saleem H., Saqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line × tester analysis. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):367-378. <http://doi.org/10.54910/sabao2023.55.2.9>
15. Мазлумов АЛ. Селекция сахарной свёклы. 3-е изд. М.: фирма «Бета»; 1996. 208 с.
16. Минакова О.А., Косякин П.А., Боронтов О.К. Основные результаты научных исследований ВНИИСС в области технологии возделывания сахарной свёклы. *Сахарная свекла*. 2022;(9):19-25. <https://doi.org/10.25802/SB.2022.20.23.004> <https://elibrary.ru/egniar>
17. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Сравнение продуктивности селекционного материала сахарной свёклы. *Биосфера*. 2022;14(4):275-276. <https://elibrary.ru/hexplp>
18. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. *Труды по сельскохозяйственной метеорологии*. 1928;(20):165-177.
19. Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2016;(2):79-94. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-2-79-94> <https://elibrary.ru/xbhxih>
20. Бартенев И.И., Гаврин Д.С., Сенютин А.А., Нечаева О.М. Влияние улучшающих отборов и механической чеканки семенных растений сахарной свеклы на урожайность и посевные качества семян. *Сахарная свекла*. 2023;(10):9-12. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.43.36.002> <https://elibrary.ru/qkakbd>

• References

1. Korzun O.S., Bruilo A.S. [Adaptive features of selection and seed production of agricultural plants: a manual]. Grodno: GGAU. 140 p. (In Russ.)
2. Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):319-328. <https://doi.org/10.54910/sabao2023.55.2.5>
3. Doroshenko T.N., Zakharchuk N.V., Ryazanova L.G. [Adaptive potential of fruit plants in the south of Russia: monograph]. Krasnodar: Prosveshhenie – Jug; 2010. 140 p. (In Russ.)
4. Yushkov A.N., Borzykh N.V. Comparative estimate of initial apple and cherry selected seedlings in natural and modeled conditions. *Contemporary horticulture*. 2013;(2):1-6. <https://www.elibrary.ru/seienr> (In Russ.)
5. Monakhos G.F. The scheme of cabbage bilinear hybrids development based on self incompatibility. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2007;(2):86-93. <https://www.elibrary.ru/iadqjx> (In Russ.)
6. Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G., Soldatenko A.V. Ecological methods of lettuce breeding on minimal accumulation of radioactive nuclide (^{137}CS). *Agricultural biology*. 2009;(1):21-27. <https://www.elibrary.ru/jzfqdv> (In Russ.)
7. Shumilina D.V., Shmykova N.A., Bondareva L.L., Suprunova T.P. Effect of genotype and medium culture content on microspore-derived embryo formation in chinese cabbage (*Brassica rapa ssp. chinensis*) cv. Lastochka. *Biology Bulletin*. 2015;42(4):302-309. <https://elibrary.ru/ufbalh> <https://doi.org/10.1134/S1062359015040135>
8. Zhuchenko A.A. The role of predictive possibilities of homologous series law in hereditary changeability when searching both adaptively significant and valuable in agriculture gene-donors. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2012;(4):28-38. <https://elibrary.ru/pgbisl> (In Russ.)
9. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. [Genetic basis of plant breeding. In 4 volumes. General genetics of plants]. T.1. Minsk: Belarus science; 2008. 551 p. (In Russ.)
10. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Combination ability in adaptive breeding of sugar beet. *Sugar*. 2023;(11):22-27. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-11-22-27> <https://elibrary.ru/fyqsap> (In Russ.)
11. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2022;54(4):789-802. <http://doi.org/10.54910/sabao2022.54.4.10>
12. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Combination ability in sugar beet breeding research. *Sugar*. 2023;(9):34-38. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2023-9-34-38> <https://elibrary.ru/oehowb> (In Russ.)
13. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Assessment of the combining ability of MS lines and polyspermous sugar beet pollinators for the selection of pairs during crossing. *Sugar*. 2022;(6):44-48. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48> <https://elibrary.ru/ojtlxg> (In Russ.)
14. Saleem H., Saqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line \times tester analysis. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 2023;55(2):367-378. <http://doi.org/10.54910/sabao2023.55.2.9>
15. Mazlumov A.L. [Sugar beet selection]. 3rd ed. M.: Beta company; 1996. 208 p. (In Russ.)
16. Minakova O.A., Kosyakin P.A., Borontov O.K. The main results of scientific research in the field of sugar beet cultivation technology in All-Russian Scientific Research Institute of sugar beet and sugar. *Sugar beet*. 2022;(9):19-25. <https://doi.org/10.25802/SB.2022.20.23.004> <https://elibrary.ru/egniap> (In Russ.)
17. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Comparing the productivity of sugar beet breeding material. *Biosfera*. 2022;14(4):275-276. <https://elibrary.ru/hexplp> (In Russ.)
18. Selyaninov G.T. About agricultural climate assessment. *Works on agricultural meteorology*. 1928;(20):165-177. (In Russ.)
19. Cherenkova E.A., Zolotokrylin A.N. On the comparability of some quantitative drought indices. *Fundamental and applied climatology*. 2016;(2):79-94. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-2-79-94> <https://elibrary.ru/xbhxih> (In Russ.)
20. Bartenev I.I., Gavrin D.S., Senyutin A.A., Nechaeva O.M. The influence of improving selection and mechanical minting of sugar beet seed plants on the yield and sowing qualities of seeds. *Sugar beet*. 2023;(10):9-12. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.43.36.002> <https://elibrary.ru/qkakbd> (In Russ.)

Об авторах:

Татьяна Валентиновна Вострикова – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории селекции исходного материала и гетерозисных опылителей, SPIN-код: 3360-6151, <https://orcid.org/0000-0002-0951-0942>, автор для переписки, tanyavostric@rambler.ru

Михаил Алексеевич Богомолов – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, AuthorID: 276768, <https://orcid.org/0000-0001-6131-8109>, bogomolov47@bk.ru

Андрей Александрович Сенютин – научный сотрудник лаборатории селекции исходного материала и гетерозисных опылителей, mr.senutin@yandex.ru

Людмила Николаевна Путилина – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по научной работе, SPIN-код: 6693-3161, <https://orcid.org/0000-0002-5991-5235>, lputilina@bk.ru

About the Authors:

Tatyana V. Vostrikova – Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Laboratory for selection of source material and heterotic pollinators, SPIN-code: 3360-6151, <https://orcid.org/0000-0002-0951-0942>, Corresponding Author, tanyavostric@rambler.ru

Mikhail A. Bogomolov – Dr. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory for selection of source material and heterotic pollinators, <https://orcid.org/0000-0001-6131-8109>, bogomolov47@bk.ru

Andrey A. Senyutin – Researcher of the Laboratory for selection of source material and heterotic pollinators, mr.senutin@yandex.ru

Lyudmila N. Putilina – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Deputy Director for Research, SPIN-code: 6693-3161, <https://orcid.org/0000-0002-5991-5235>, lputilina@bk.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>
УДК: 635.25:631.527.8

М.М. Марчева*, Т.М. Середин,
И.М. Кайгородова, А.В. Солдатенко,
Е.В. Баранова

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

Автор для переписки:
margo.marcheva@yandex.ru

Благодарности. Коллектив авторов выражает благодарность лаборатории репродуктивной биотехнологии за помощь в проведении исследований, старшему научному сотруднику Лабораторно-аналитического отдела Молчановой А.В. за выполнение биохимических анализов.

Вклад авторов: Марчева М.М.: изучение литературы, написание текста рукописи, редактирование рукописи. Кайгородова И.М.: написание текста рукописи, курирование данных, редактирование рукописи. Баранова Е.В.: предоставление материала, курирование данных. Середин Т.М., Солдатенко А.В.: научное руководство исследованиями, курирование данных, редактирование рукописи. Все авторы участвовали в написании статьи.

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

Для цитирования: Марчева М.М., Середин Т.М., Кайгородова И.М., Солдатенко А.В., Баранова Е.В. Приоритетные направления селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.). *Овощи России*. 2024; (6):30-43.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>

Поступила в редакцию: 29.09.2024
Принята к печати: 31.10.2024
Опубликована: 29.11.2024

Margarita M. Marcheva*, Timofey M. Seredin,
Irina M. Kaigorodova, Alexey V. Soldatenko,
Elena V. Baranova

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

*Correspondence Author:
margo.marcheva@yandex.ru

Acknowledgments. The team of authors expresses its gratitude to the laboratory of reproductive biotechnology for assistance in research, to the senior researcher of the Laboratory-analytical department Molchanova A.V. for performing biochemical analyses.

Authors' contribution: Marcheva M.M.: literature review, manuscript writing, manuscript editing. Kaigorodova I.M.: manuscript writing, data curation, manuscript re-editing. Baranova E.V.: provision of material, data curation. Seredin T.M., Soldatenko A.V.: scientific supervision of the research, data curation, manuscript editing. All authors participated in writing the article.

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

For citation: Marcheva M.M., Seredin T.M., Kaigorodova I.M., Soldatenko A.V., Baranova E.V. Priority directions of onion breeding (*Allium cepa* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2024; (6):30-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-30-43>

Received: 29.09.2024
Accepted for publication: 31.10.2024
Published: 29.11.2024

Приоритетные направления селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.)

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Лук репчатый (*Allium cepa* L.) является ценной и востребованной овощной культурой, которая занимает одно из ведущих мест по посевным площадям и валовым сборам среди других овощных культур рода *Allium* L. Лук популярен в народной и доказательной медицине, широко используется для профилактики и лечения многих заболеваний благодаря богатому биохимическому составу и полезным свойствам. В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны, ученые ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) ведут интенсивную работу по созданию сортов и гибридов нового поколения.

Материалы и методы. Подобраны различные ресурсы по теме, изучены публикации в научных и отраслевых журналах и базах данных, сделан обзор работ по селекции лука репчатого (урожайность, видовое разнообразие по форме и окраске, скороспелость, лежкость, биохимические параметры, товарная и семенная продуктивность, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам), а также полезные свойства для человека и применение в медицине.

Результаты. Анализ работ показывает, что широкое распространение в Российской Федерации имеют такие сорта селекции ФГБНУ ФНЦО, как Мячковский 300, Черный принц, Альба, Атас, Ампэкс и другие. В последние годы создан среднеспелый гибрид лука репчатого F₁ Дракон с коричневыми сухими чешуями и максимальной урожайностью 391,0 ц/га, а также передан на Государственное сортоиспытание озимый сорт Новатор с коричневыми сухими чешуями. Ведется размножение востребованных сортов и гибридов как для производственного выращивания, так и для использования в приусадебных хозяйствах.

Заключение. Для конвейерного поступления продукции лука репчатого необходимо создавать сорта и гибриды разных групп спелости, а также проводить работу по улучшению товарной, семенной продуктивности и устойчивости к различным стрессам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Allium cepa* L., селекция, сорт, гибрид, биологические особенности.

Priority directions of onion breeding (*Allium cepa* L.)

ABSTRACT

Relevance. Onion (*Allium cepa* L.) is a valuable and demanded vegetable crop, which occupies one of the leading places in terms of sown areas and gross yields among other vegetable crops of the genus *Allium* L. Onion is popular in folk and evidence-based medicine, widely used for the prevention and treatment of many diseases due to its rich biochemical composition and useful properties. As part of import substitution and achieving food security of the country, scientists of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC) are working intensively to create new generation varieties and hybrids.

Methodology. Various resources on the topic were selected, publications in scientific and industry journals and databases were studied, a review of works on onion selection (yield, species diversity in shape and color, maturity, shelf life, biochemical parameters, commercial and seed productivity, resistance to biotic and abiotic stresses), as well as useful properties for humans and use in medicine was made.

Results. The analysis of works shows that the wide distribution in the Russian Federation have such varieties of selection of FSBSI FSVC, such as Myachkovskij 300, Cherni prince, Al'ba, Atas, Ampeks and others. In recent years, created a medium-maturing hybrid onion onion F₁ Drakon with brown dry scales and a maximum yield of 391.0 c/ha, as well as transferred to the State variety trial winter variety Novator with brown dry scales. Propagation of demanded varieties and hybrids for both production cultivation and for use in household farms is underway. Conclusion. In order to conveyor onion production, it is necessary to create varieties and hybrids of different maturity groups, as well as to work on improving marketability, seed productivity and resistance to various stresses.

KEYWORDS:

Allium cepa L., selection, variety, hybrid, biological features.

Введение

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) – по ботанической классификации принадлежит к семейству Луковые (*Alliaceae* L.) и роду лук (*Allium* L.). Лук репчатый занимает ведущее место среди всех луковых культур по распространению и хозяйственному значению. Родиной лука является Юго-Западная Азия [1]. В настоящее время лидерами по объемам производства среди стран мира являются Китай, Индия, Пакистан и др. [2]. В России основное производство лука размещено в трех округах: Южном, Приволжском и Центральном [3].

Лук репчатый имеет широкое распространение благодаря своему специфическому вкусу и особому аромату. Он используется в рационе человека как в свежем виде (зеленый лист, свежая луковица), так и в переработанном (маринованный, сушеный, консервированный). Эта культура обладает уникальными лечебными свойствами, благодаря высокому содержанию биохимических элементов и их фитонцидным свойствам [4, 5].

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации на 2023 год включено 208 сортов и 220 гибридов лука репчатого, из которых около 50% – иностранной селекции [6]. В этой связи, согласно утвержденной указом Президента Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, возникает необходимость создания конкурентоспособных отечественных сортов и гибридов, а также разработки и совершенствования технологий их выращивания на продовольственные и семеноводческие цели.

В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны существует необходимость создания новых коммерческих гибридов лука репчатого, которые сыграют большую роль в преодолении барьеров урожайности, что приведет к повышению производства товарного лука и решению данных задач [7].

Отечественными и зарубежными селекционерами отмечено, что актуальными хозяйственно-ценными признаками новых сортов и гибридов лука репчатого являются однородность луковиц по размеру, форме, цвету, с одинаковым сроком созревания, с высоким содержанием сухого вещества и длительным сроком хранения. А также луковицы, обладающие такими характеристиками, как однозачатковость, тонкая шейка, прочные наружные сухие чешуи, толстые сочные внутренние чешуи, устойчивость к заболеваниям, вредителям и преждевременному прорастанию [8, 9].

Каждая из этих характеристик наследуется генетически, но может быть изменена в зависимости от экологических условий и применяемых агротехнологических приемов как для производства товарной продукции, так и для маточных луковиц, используемых в семеноводстве лука репчатого [10].

Применение в медицине

Лук репчатый является лечебным и профилактическим средством для многих заболеваний. С древних времен он популярен как в народной, так и в доказательной медицине [11, 12]. Одним из наиболее значимых его свойств является фитонцидное действие,

используемое при профилактике и лечении сезонных простуд (гриппа и ОРВИ). В традиционной медицине лук используется для лечения диабета с целью снижения уровня глюкозы в крови [13]. Учеными доказано, что лук репчатый способствует укреплению костей [14], является профилактическим средством при сердечно-сосудистых заболеваниях, способствует снижению кровяного давления, оказывает положительное действие на желудочно-кишечный тракт [15] и нервную систему [16].

Помимо луковиц и зеленых листьев, в медицине популярным становится применение сухих чешуй (луковой шелухи) в лечебных и витаминных препаратах [17]. В сухих чешуях лука, независимо от их окраски, содержатся полифенольные антиоксиданты. Антоцианы присутствуют в основном в красном луке и составляют около 10% от общего содержания флавоноидов от сырой массы [18]. Наиболее распространенным флавоноидом в растительных объектах является кверцетин. Кверцетин и его производные гликозиды, проявляют широкий спектр биологической активности, что обуславливает перспективность разработки на их основе лекарственных препаратов [19]. Репчатый лук также ценится за содержание кверцетина, которого больше содержится, как правило, в красных сортах. Накопление этого вещества в сорте Черный принц селекции ФГБНУ ФНЦО составляет – 30,5 мг/г [10], что указывает на его высокую биохимическую ценность. Оценка общей антиоксидантной активности кверцетина фосфорномолибденовым методом выявила, что он в 3,5 раза превосходит по данному виду биологического действия куркумин [20].

Луковая шелуха также обладает противодиабетическим, противовоспалительным, противоопухолевым, противомикробным и ингибирующим ферменты действием, благодаря содержащимся в ней кемпферолом, феруловой и галловой кислоте [21, 22]. Порошок луковой шелухи используют как функциональный ингредиент из-за содержащихся в ней питательных элементов, а также добавляют в различные продукты для повышения срока годности [23].

Из семян лука репчатого выделяют масло для парфюмерной промышленности. Лук широко применим в гомеопатии: используются при ранениях, ожогах, простуде, аллергии, при печеночных и почечных коликах, причем лечебный эффект может быть значительным и достигается достаточно быстро [24].

Селекция на качество

Сорта лука репчатого отличаются по окраске сочных чешуй, сухих наружных чешуй, форме и химическому составу.

Окраска

Окраска – сортовой признак, связанный со способностью листьев вырабатывать красящее вещество. В процессе вегетации основания наружных листьев высыхают и плотно облегают луковицу образовывая сухие чешуи. В зависимости от сорта они имеют окраску от белой до фиолетовой различных оттенков и интенсивности, однако наиболее распространенными являются желтоокрашенные луковицы, в которые входят оттенки от светло-желтого до коричневого. Сочные чешуи бывают белыми с желтым или зеленым оттен-

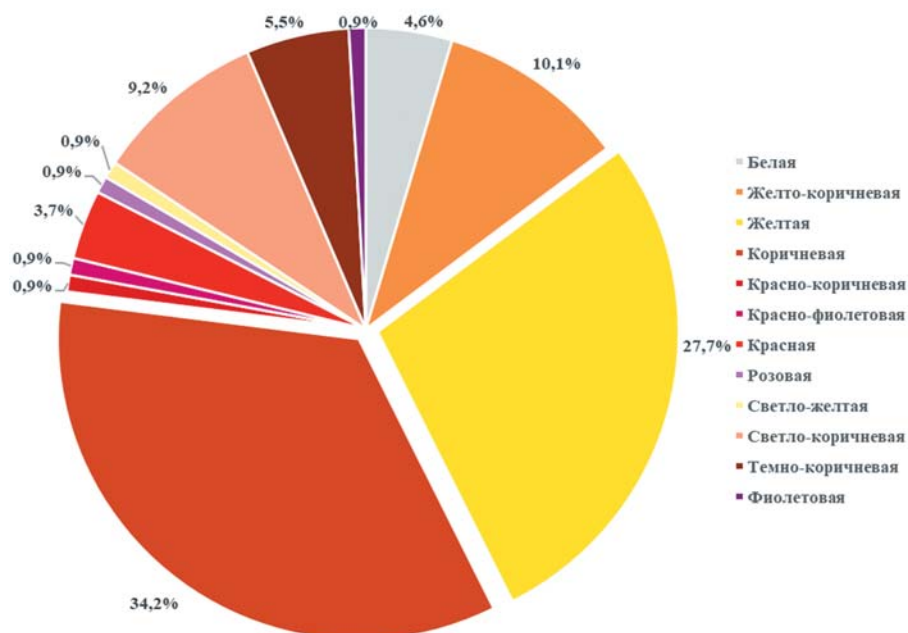


Рис. 1. Окраска сухих чешуй коллекционного питомника ФГБНУ ФНЦО
Fig. 1. Coloring of dry scales of the collection nursery of FSBSI FSVC



Рис. 2. Разноокрашенные сорта селекции ФГБНУ ФНЦО: а. – Черный принц; б. – Альба
Fig. 2. Variegated varieties of FSBSI FSVC selection: a. – Cherny prince; b.- Al'ba

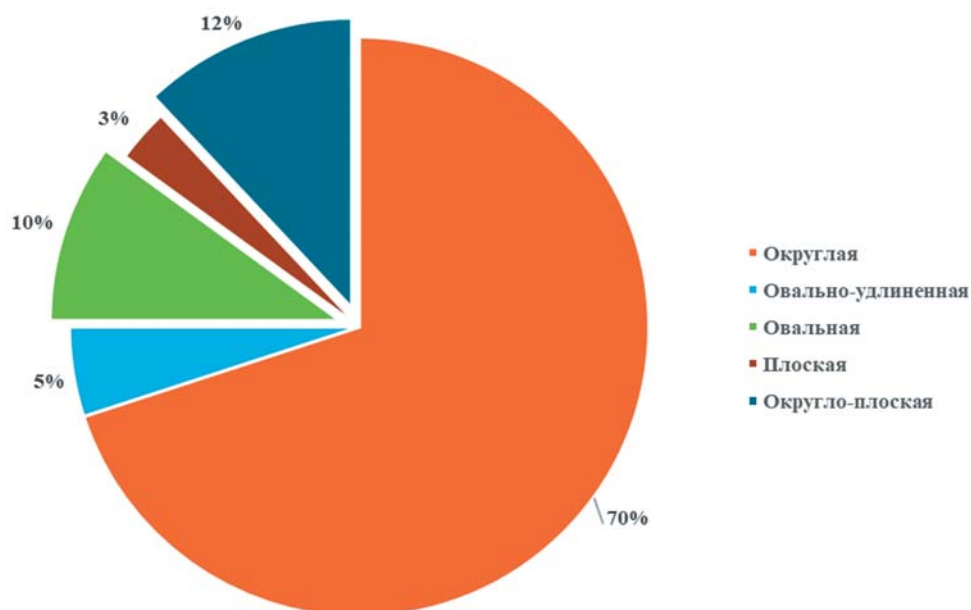


Рис. 3. Структура коллекционного и селекционного питомника по признаку форма луковицы
Fig. 3. The structure of the collection and breeding nursery based on the shape of the bulb

ком, розовыми и фиолетовыми [25]. Коллекция сортов-образцов лука репчатого лаборатории селекции и семеноводства луковых культур ФГБНУ ФНЦО по окраске сухих чешуй представлена в основном образцами с коричневой (34,2%) и желтой (27,7%) окраской. Также в коллекции имеются образцы с белой, розовой, красной и фиолетовой окраской (рис. 1).

В ФГБНУ ФНЦО создаются сорта и гибриды лука репчатого с разнообразной окраской сухих чешуй: белая, желтая, коричневая, красная, фиолетовая. Сорт лука репчатого Черный принц характеризуется темно-фиолетовой окраской сухих чешуй, а Альба – белой (рис. 2).

Форма

Форма луковицы также является сортовым признаком и может быть плоской, округло-плоской, округлой, овальной, удлинённой и эллиптической. Округлая форма является наиболее распространенной и востребованной как у производителей, так и у потребителей. В коллекционном питомнике доля сортов и образцов округлых луковиц составила 70% (рис 3).

Овальная и округло-плоская форма составляли 10 и 12% соответственно, а плоская и овально-удлиненная – 3 и 5%. Овально-удлиненную форму имеет сорт Атас селекции ФГБНУ ФНЦО, а округло-плоскую сорт Альвина (рис. 4).



a.



b.

Рис. 4. Сорта лука репчатого с разной формой луковицы: а. Атас; б. Альвина

Fig. 4. Onion varieties with different bulb shape: a. –Atas; b. Alvina

Биохимический состав

По накоплению сухого вещества и составу сахаров характеризуют тип сорта по вкусовой оценке, так сорта лука делят на острые, полуострые и сладкие (салатные). При содержании сухого вещества ниже 9% и суммы сахаров не превышающей 6%, в котором около 2% приходится на долю сахарозы – тип лука считается салатным (сладким). А сорта, в луковицах которых содержание сухого вещества выше 15% и среди сахаров преобладают сложные формы, относятся к острым. Полуострые сорта занимают промежуточное положение по указанным признакам между острыми и сладкими [26].

Белки – высокомолекулярные азотистые органические соединения, являющиеся полимерами аминокислот. Содержание белка в луковице колеблется от 2 до

4%, в листьях – 1,3–1,9%, а в луковом порошке – 13,9%. В луке репчатом содержатся семь незаменимых аминокислот, среди которых значительная доля приходится на лизин, лейцин, изолейцин, треонин. Луковицы богаты глутаминовой кислотой, пролином, глицином, гистидином, аланином и тирозином [10].

Содержание углеводов в свежем луке репчатом составляет 2,4 – 3% от суточной нормы, а в зеленом луке – 1,9%. Углеводы участвуют в синтезе заменимых аминокислот и являются материалом для роста клеток и питанием для мозга. В организме они преобразуются в глюкозу, которая необходима для работы всего организма. Вареный лук содержит 3,3% углеводов, жареный – 2,5%, а луковый порошок – 25,5% [27, 28].

Лук репчатый богат содержанием различных жир- и водорастворимых витаминов. К жирорастворимым относятся витамины группы Е и К. Они поддерживают усвоение питательных веществ, участвуют в обмене и синтезе новых веществ. Содержание витамина Е в свежем и вареном луке составляет 0,1%, в зеленом пере – 1,4%, в жареном – 4,7%, а в порошке – 1,8%. В зеленом луке витамин К превышает суточную норму на 30,3%. В жареном его содержание составляет 18%, в порошке – 3,4%, в свежем и вареном – 0,3–0,4%. Из водорастворимых витаминов в луке репчатом содержится витамин С, а также витамины группы В (В1, В2, В3 (РР), В4, В5, В6 и В9). Содержание витамина С в свежем луке состав-

ляет 5,3–8,2%, в листьях – 14,9%. В вареном луке – 5,8%, в жареном – 2,0%, а наибольшее содержание в луковом порошке – 26%. Из витаминов группы В луке преобладают В6 и В9. Их содержание в свежем луке составляет 9,2–10 и 4,8–5,8%; в зеленом пере – 6,8–7,5%; в вареном луке – 9,9–3,8%; в жареном – 15,9 – 0,5%; в луковом порошке – 55,2–16% [27, 29].

В свежем, вареном и жареном луке, зеленых листьях и порошке содержатся следующие микро- и макроэлементы: кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк, медь, марганец и селен. В большей степени по содержанию в свежем луке преобладают марганец, медь и фосфор, а в зеленом луке – марганец, кальций и железо.

Лук репчатый относится к диетическим продуктам. Калорийность свежего лука с белоокрашенными соч-

ными чешуями составляет 40 кКал/100 г, с красными – 32 кКал/100 г. Зеленый лук более низкокалорийный – 27 кКал/100 г [27].

В 2019-2022 годах в лабораторно-аналитическом отделе была произведена оценка биохимических параметров в группах сортообразцов, разделенных по признаку окраска сухих чешуй (табл. 1).

семеноводческие цели, пригодные для выращивания в конкретном регионе, обладающие высокой урожайностью и дружным созреванием [30].

Товарная продуктивность

Показатель средняя масса товарной луковицы характеризуется достаточно высокой наследственностью [31], поэтому добиться однородности по этому призна-

Таблица 1. Основные биохимические показатели разноокрашенных сортов лука репчатого, 2019-2022 годы.
Table 1. The main biochemical parameters of variously colored onion varieties, 2019-2022.

Образец	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Моносахара, %	Сумма сахаров, %
Белоокрашенные				
Альба	16,54	8,80	1,63	12,85
Желтоокрашенные				
Атас	15,35	7,92	2,38	11,68
Мячковский	17,41	8,80	1,59	11,68
Красноокрашенные				
АФБАК	16,63	9,68	2,38	11,68
Красавец	16,56	8,80	2,34	10,28
НСР _{0,5}	0,73	0,62	0,41	0,91

Исследуемые образцы лука репчатого селекции ФГБНУ ФНЦО представлены полуострыми сортами, что подтверждается содержанием сухого вещества и суммы сахаров, так как в луках острого типа содержание сухого вещества и сахаров выше, чем в салатных. Содержание сухого вещества в сорте Мячковский составляет 17,41%, что превышает содержание в луковицах сравниваемых сортов на 5-11%. Сумма сахаров меньше всего у сорта Красавец – 10,28%, у двух желтоокрашенных сортов и АФБАК содержание одинаковое – 11,68%, у сорта Альба наибольшее содержание – 12,85%.

Содержание аскорбиновой кислоты у сорта АФБАК превышает на 9-18% остальные сорта. Содержание моносахаров у сортов Атас и АФБАК составляет 2,38%, меньше всего у сорта Альба – 1,63%.

Селекция на продуктивность

Для обеспечения импортозамещения необходимо создавать сорта и гибриды на продовольственные и

ку можно путем многолетнего отбора или созданием гибридов выровненных по данному признаку [32, 33]. Использование гетерозисных гибридов позволяет повысить урожайность луковиц до 50% по сравнению с исходными сортами [34]. Самым эффективным методом создания таких гибридов является метод, основанный на использовании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) [35, 36].

Также к увеличению массы луковиц приводит применение различных удобрений и подкормок [37, 38]. Особенно актуален поиск новых экологических решений для достижения высокого результата путем раскрытия потенциала генотипа. Так, исследования по применению глауконита (природного минерала, обладающего богатым химическим составом) [39] позволили разработать технологию производства картофеля с применением глауконитовых песков [40]. Глауконитовые пески приводили не только к повышению урожайности картофеля, но и одновременно оказывали положительное влияние на почву [41].



Рис. 5. Соцветие и семена лука репчатого
Fig. 5. Onion inflorescence and seeds

Исследования влияния глауконитовых песков на товарную продуктивность лука репчатого в 2021-2023 годах в ФГБНУ ФНЦО позволили выделить концентрации 150 и 300 г/м² увеличивающие массу луковицы на 7-10%.

Семенная продуктивность

Семеноводство в настоящее время является одной из самых импортозамещаемых отраслей сельского хозяйства, поэтому необходимо снизить импорт семян путем увеличения их производства [26]. Для достижения максимальной урожайности семян важным условием является срок посадки вызревших и типичных маточных луковиц [42-44], а также густота стояния и глубина посадки [45]. Помимо этого, определяющим аспектом является количество стрелок с растения и процент завязываемости семян [26] (рис. 5).

Ученые всего мира изучают увеличение семенной продуктивности за счет влияния минеральных удобрений [38, 46, 47] и выявлением генов, отвечающих за семенную продуктивность лука репчатого [48].

Условия Центрально-Нечерноземной зоны РФ позволяют вести семеноводство культуры с весенней посадкой маточников. Семенные растения формируют от двух до пяти стрелок высотой от 60 до 100 см. Урожайность семян при обычном возделывании составляет около 500 кг/га, а с использованием интенсивной технологии может достигать 1000 и более кг/га [49]. В условиях Северо-Кавказского региона семеноводство возможно с использованием подзимней посадки маточных луковиц, где урожайность кондиционных семян составляет 450-600 кг/га [45].

Селекция на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам

Объем потерь, связанных с болезнями луковиц во время хранения, может достигать до 70% и более [50]. В связи с этим, актуальной задачей современной селекции является создание и возделывание сортов и гибридов лука репчатого с высокой устойчивостью к биотическим (болезни и вредители) и абиотическим (почвенное засоление, низкие температуры, засуха) стрессам [51].

Селекция на устойчивость к биотическим стрессам

Специалисты по защите растений болезни лука репчатого условно разделяют на болезни листьев, луковиц и болезни при хранении [52]. От фузариозной и корневой гнили донца потери урожая могут превышать 50% [53], а такие вредители как луковая муха, луковая журчалка, луковая моль, луковый (табачный) трипс и другие наносят существенный вред посевам культуры, который достигает 30-40% [54].

В настоящее время существуют различные пути регулирования фитосанитарной обстановки при выращивании лука репчатого. Меры борьбы с инфекцией включают в себя применение препаратов различной природы используемые в процессе вегетации и хранения. Производители в основном используют препараты химической природы, но в мире в систему агробиотехнологий все чаще внедряют новые высокоэффективные биопрепараты для борьбы с распространенными заболеваниями: черной плесенью [55], фузариозом [56], шейковой гнилью [57] и другими.

В последнее время в мире увеличивается спрос на экологически чистую овощную продукцию [58], поэтому переход предприятий на использование биопрепаратов способствует получению более экологически чистой продукции и сохранению окружающей среды [59].

Все же главная роль в борьбе с болезнями принадлежит поиску и выделению форм, а также созданию устойчивых межвидовых гибридов, имеющих частичную или полную устойчивость к различным заболеваниям. Ведущими селекционерами всего мира ведется работа по созданию сортов и гибридов, устойчивых к таким болезням, как ложная мучнистая роса (*Peronospora destructor*) [60], шейковая гниль (*Botrytis allii*) [61], фузариоз (*Fusarium*) [62], желтая карликовость (OYDV – Onion yellow dwarf virus) [63], черная плесень (*Aspergillus niger*) и другие.

Потери товарной продукции и маточных луковиц, вызванные патогенной микофлорой в период длительного хранения требуют разработки стратегий до и

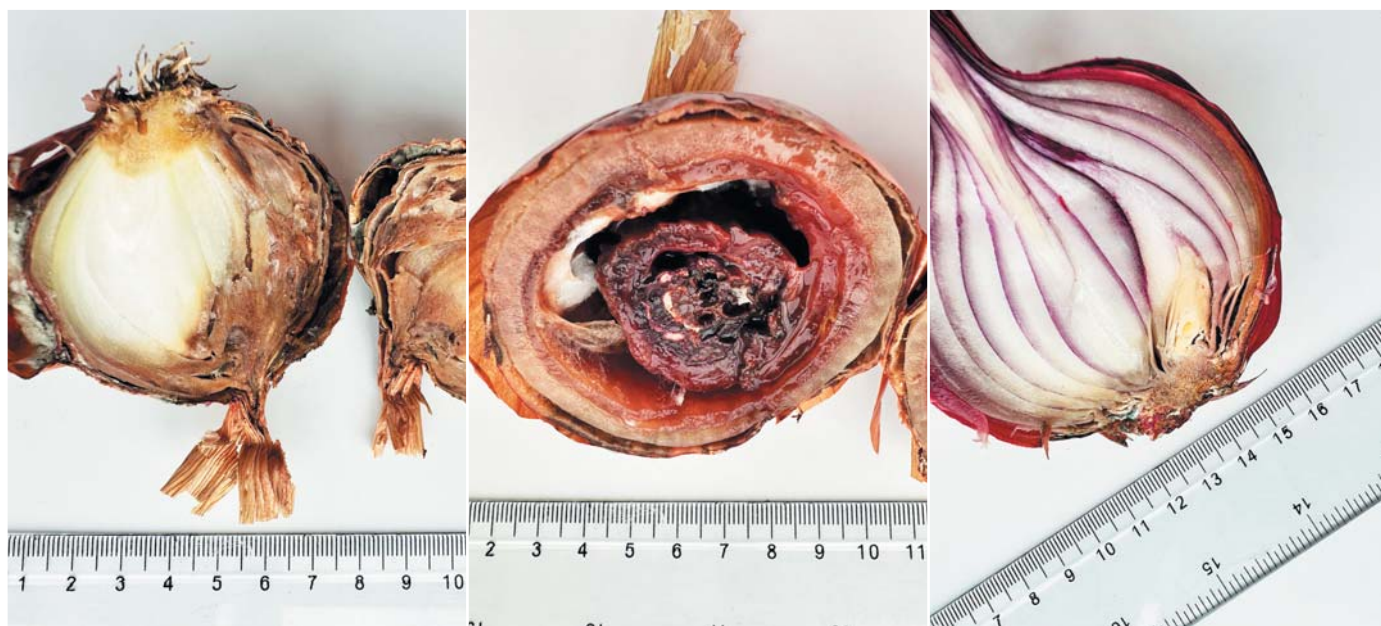


Рис. 6. Развитие болезней лука репчатого в период хранения
Fig. 6. Development of onion diseases during storage

после сбора урожая, чтобы смягчить воздействие этих патогенов и сохранить урожай в течение всего периода [64] (рис. 6).

Для упрощения селекционного процесса учеными используется маркерная селекция, которая позволяет выявить устойчивые генотипы к пероноспорозу [65], пурпурной пятнистости [66], ложной мучнистой росе [67] и другим заболеваниям лука репчатого.

Для межвидовой гибридизации используют близкородственные дикие виды луков, которые являются донорами генов устойчивости к распространенным заболеваниям. Уже много лет назад в дикорастущих видах рода *Allium* ученые обнаружили и выделили гены устойчивости к ложной мучнистой росе, частичной устойчивости к фитофторозу (*Botrytis squamosa*) [68] и базальной гнили *Fusarium* [69] у *Allium roylei* Stearn [70, 71]. Также донором ценных генов для *Allium* сера является *Allium fistulosum* (рис. 7) имеющий устойчивость к листовой гнили [72], розовой гнили корней [73], антракнозу [74], луковой мухе [75], головне и трипсам [76].



Рис. 7. *Allium fistulosum*
Fig. 7. *Allium fistulosum*

В 1983 году отечественными селекционерами созданы популяции от скрещивания лука репчатого с различными многолетними луками (*A. vavilovii* M.Pop et Vved., *A. fistulosum* L., *A. altaicum* Pall.), которые по морфологическим признакам занимают промежуточное положение между родительскими видами [77]. Эти популяции используются селекционерами ФГБНУ ФНЦО и в настоящее время для получения устойчивых генотипов лука [78].

Селекция на устойчивость к абиотическим стрессам

Ученые уделяют большое внимание решению проблем, связанных с неблагоприятным воздействием абиотических факторов [79], таким как солеустойчивость, засухоустойчивость, устойчивость к переувлажнению и полеганию. Для определения устойчивости сортов и гибридов овощных культур, в том числе и лука репчатого, проводятся экологические испытания в раз-

ных агроклиматических регионах, показывающие адаптивность по основным параметрам [80, 81].

Засоленные почвы негативно влияют на рост, развитие и урожайность лука репчатого [82]. Такие условия требуют поиска генотипов устойчивых к данным факторам [83, 84]. Установлено, что длительное выращивание в условиях засоленности позволяет адаптировать растения и повысить их устойчивость [85]. Помимо этого, в странах с засоленными почвами ведется селекция традиционными и новыми методами по поиску и отбору генотипов, характеризующихся относительной устойчивостью [86, 87].

В регионах с нестабильными климатическими условиями, где долгое время отсутствуют осадки или период длительной засухи сменяется на период с сильным переувлажнением, необходимо использовать адаптированные к этим условиям сорта и гибриды. В периоды засухи в Индии потери урожая лука репчатого могут достигать 30% [88], у растений нарушается водный баланс, вследствие чего замедляется рост и процесс фотосинтеза [89]. Так, селекционерами стран,



Рис. 8. Формирование вздутия стрелок
Fig. 8. Formation of arrow bloat

подверженных выпадению обильных осадков, ведется работа по поиску устойчивых генотипов лука репчатого, которые могут быть использованы для создания сортов и гибридов, имеющих относительную устойчивость к переувлажнению [90, 91], а также ведется непрерывный поиск засухоустойчивых генотипов, которые будут использованы в селекционной работе [92].

Семеноводческие посевы должны соответствовать условиям механизированной уборки, поэтому необходимо обеспечить устойчивость к полеганию маточных растений для получения максимальной урожайности семян. Устойчивость семенных растений лука к полеганию обеспечивается такой биологической особенностью, как вздутие стрелок (рис. 8).

Установлено, что генотипы, имеющие сильное вздутие стрелок, имеют большую устойчивость к полеганию, в отличие от генотипов со слабым вздутием [92, 93].

Селекция на скороспелость

Скороспелость является одним из важных хозяйственно-ценных признаков сортов и гибридов лука репчатого. Использование скороспелых сортов и гибридов позволяет получать раннюю продукцию лука репчатого [94]. Уровень скороспелости определяется фотопериодической реакцией [95]. Помимо этого, применение озимых форм также позволяет получать урожай ранней продукции.

По классификации ВНИИР им. Н.И. Вавилова выделены группы лука репчатого по срокам созревания: очень скороспелые (созревание раньше, 80 суток), скороспелые (81-90 суток), среднеспелые (91-120 суток), среднепоздние (121-140 суток), позднеспелые (более 140 суток) [96]. Скороспелые сорта и гибриды хранятся два-три месяца, в то время как позднеспелые шесть-семь месяцев [95].

Селекционерами ФГБНУ ФНЦО созданы сорта и гибриды лука репчатого разных групп спелости для конвейерного поступления продукции потребителям. К самым востребованным сортам относятся: Мячковский 300 – раннеспелый полуострый сорт, включен в Госсортиреестр в 1985 году, пользующийся большим спросом по сей день; F₁ Дракон – новый среднеспелый полуострый гибрид 2023 года; Ампэкс – позднеспелый сорт 2017 года. В 2022 году в лаборатории селекции и семеноводства луковых культур выделен образец для озимой культуры и передан в Госсорткомиссию под названием Новатор (рис. 9).

Разработка технологии ускорения селекционного процесса лука репчатого на основе репродуктивной биотехнологии

Получение линий с удвоенными гаплоидами (DH) – это быстрый метод получения полностью гомозиготных инбредных линий для многих сельскохозяйственных культур, в том числе и для лука репчатого. Наиболее востребованными технологиями, использующимися для ускорения селекционного процесса у овощных культур, являются культура изолированных микроспор *in vitro* и культура неопыленных семяпочек *in vitro*. Однако, проведенные в 1996 году исследования по культуре пыльников лука не дали значительных результатов [97]. Культура семяпочек считается трудоемким и низкоэффективным методом для введения в культуру лука [98], но в настоящее время уже удалось создать DH-растения лука репчатого методом культуры семяпочек [99].

Наиболее популярным и продуктивным методом является культура цветочных бутонов *in vitro*, но сложность этого метода заключается в образовании каллуса, снижающего регенерационную способность культивируемых бутонов, а также возможность появления диплоидных регенерантов из соматических клеток каллуса [100]. В ФГБНУ ФНЦО разработаны элементы технологии получения исходного материала для селекции лука репчатого на основе технологии культуры цветочных бутонов *in vitro* [101].

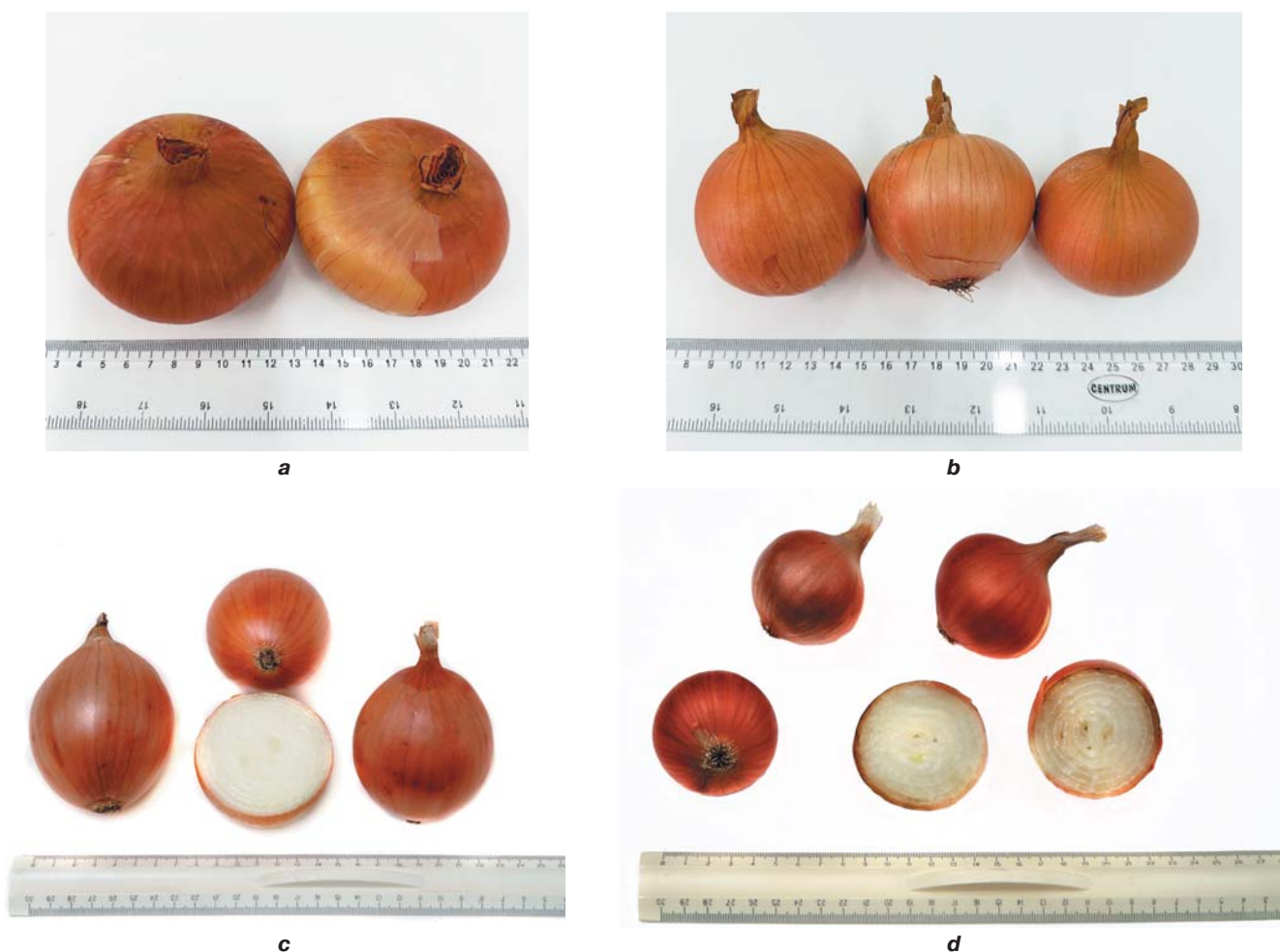


Рис. 9. Сорта и гибриды лука репчатого разных групп спелости:
a - Мячковский 300; b - F₁ Дракон; c - Ампэкс; d - Новатор
Fig. 9. Varieties and hybrids of onions of different maturity groups:
a - Myachkovskij 300; b - F₁ Drakon; c - Ampeks; d - Novator

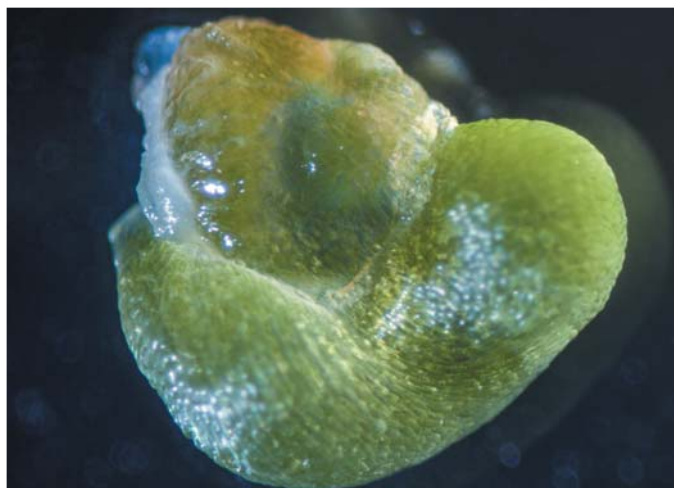
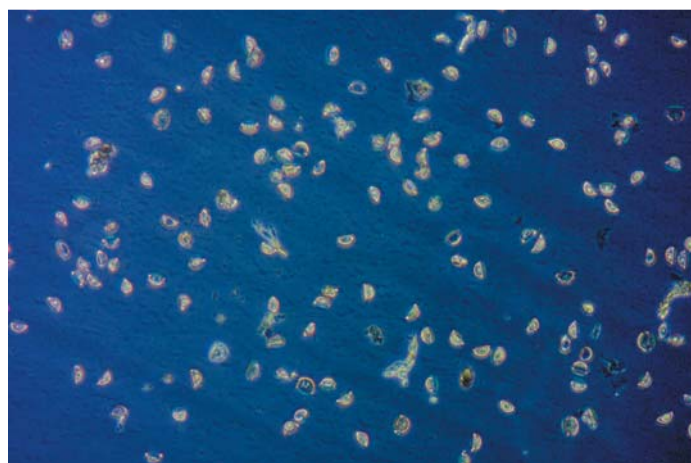


Рис. 10. Развитие неопыленной семяпочки лука репчатого
Fig. 10. Development of the unpollinated seedpod of onions



a



b

Рис. 11. Способы извлечения микроспор из бутона:
a - поперечное разрезание; b - выбивание микроспор
Fig. 11. Methods of extracting microspores from a bud:
a - cross-cutting; b - knocking out microspores

В настоящее время в ФГБНУ ФНЦО в лаборатории репродуктивной биотехнологии совместно с селекционерами по луковым культурам проводится разработка технологий культуры изолированных микроспор *in vitro* и культуры неопыленных семяпочек *in vitro* лука репчатого. На данном этапе работы удалось индуцировать первичное гиногенное развитие семяпочек (рис. 10) и подобрать оптимальный размер (3,7–4,8 мм) и тип бутонов для введения в культуру *in vitro*, а также определить оптимальный способ изоляции микроспор из бутонов лука, позволяющий получить чистую культуру микроспор с минимальным содержанием соматических тканей и фрагментов разрушенных клеток (рис. 11). Разработанные технологии позволяют избежать трудностей, связанных с образованием каллуса, и дадут возможность наиболее быстро получать чистый линейный материал для дальнейшей селекционной работы.

Заключение

В ФГБНУ ФНЦО ведутся исследования в области селекции и семеноводства лука репчатого уже более ста лет. В настоящее время, как и на протяжении всего периода селекционной работы с культурой, приоритетными направлениями являются: урожайность, скороспелость, лежкость, устойчивость к различным стрессам и пригодность к механизированной уборке. Работа по созданию новых перспективных сортов и гибридов ведется в сотрудничестве с лабораториями репродуктивной биотехнологии, молекулярно-иммунологических исследований и лабораторно-аналитическим центром ФГБНУ ФНЦО.

Широкое распространение в Российской Федерации имеют такие сорта нашего центра, как Мячковский 300, Черный принц, Альба, Атас, Ампэкс и другие. В последние годы создан новый среднеспелый гибрид лука репчатого F₁ Дракон с коричневыми сухими чешуями и максимальной урожайностью 391,0 ц/га, а также передан на Государственное сортоиспытание озимый сорт Новатор с коричневыми сухими чешуями. Ведется размножение востребованных сортов и гибридов как для производственного выращивания, так и для использования в приусадебных хозяйствах.

• Литература

- Брезгин Н. Лекарственные растения центральной части России. Академкнига: Слог; 1933. 320 с.
- Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. <https://www.fao.org/> (Дата обращения 23.05.2024)
- Борисов В.А., Дятликович А.И., Поляков А.В. Состояние и перспективы производства лука в различных регионах России. *Картофель и овощи*. 2006;(8):13-15. <https://elibrary.ru/hyizhx>
- Буренин В.И., Шумилина В.В. Отдаленная гибридизация видов рода *Allium* L. *Овощи России*. 2016;(1):10-13. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-10-13>

- <https://elibrary.ru/vmjwbtb>
- Фёдоров Д.А. Разработка элементов интенсивной технологии выращивания российских F₁ гибридов лука репчатого в условиях Московской области. М., 2015. 26 с.
- Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/registry/> (Дата обращения 15.02.2024)
- Singh H., Khar A. Perspectives of onion hybrid breeding in India: An overview. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2021;91(10):1426–1432. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i10.117404>
- Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Gupta A.J. Onion (*Allium cepa* L.): Breeding for quality traits and export. *Vegetable Science*. 2021;48(2):123-135. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2021.v48.i2.01>

9. Ибрагимбеков М.Г. Создание исходного материала лука репчатого для селекции длиннодневных полуострых сортов и гибридов. М., 2015. 27 с. <https://elibrary.ru/zpvhdx>
10. Мастяев И.С., Агафонов А.А., Кривенков Л.В. Оценка образцов лука репчатого (*Allium cepa* L.) различного происхождения в условиях предгорной зоны Северного Кавказа и выделение исходного материала для селекции. *Овощи России*. 2021;(6):58-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-58-64> <https://elibrary.ru/fmqxre>
11. Sharifi-Rad J., Mnayer D., Tabanelli G., Stojanovic-Radic Z.Z., Sharifi-Rad M., Yousaf Z., Vallone L., Setzer W.N., Iriti M. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Cell. Mol. Biol.* 2016;62(9):57-68. <https://doi.org/10.14715/cmb/2016.62.9.10>
12. Усманова М.Б., Имамова Ю.А. Лук репчатый – применение в медицине. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. 2022;(2):914-917.
13. Akash M.S.H., Rehman K., Chen S. Spice plant *Allium cepa*: Dietary supplement for treatment of type 2 diabetes mellitus. *Nutrition*. 2014;30(10):1128–1137. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.02.011>
14. Horcajada-Molteni M.-N., Crespy V., Coxam V., Davicco M.-J., Remesy C., Barlet J.-P. Rutin Inhibits Ovariectomy-Induced Osteopenia in Rats. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2000;15(11):2251–2258. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2251>
15. Platel K., Srinivasan K. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutrition Research*. 2001;21(9):1309-1314. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00331-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00331-1)
16. Samad N., Saleem A. Administration of *Allium cepa* L. bulb attenuates stress-produced anxiety and depression and improves memory in male mice. *Metab. Brain Dis.* 2018;(33):271–281. <https://doi.org/10.1007/s11011-017-0159-1>
17. Аскарлов И.Р., Исаков Х., Джамолова Х.М. Полезные витамины в луке и луковой шелухе. *Экономика и социум*. 2022;12-1(103):397-403. <https://elibrary.ru/xsjhtw>
18. Gonzalez-de-Peredo A.V., Vazquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., Carrera C., Ferreira-Gonzalez M., Barbero G.F., Palma M. Flavonol Composition and Antioxidant Activity of Onions (*Allium cepa* L.) Based on the Development of New Analytical Ultrasound-Assisted Extraction Methods. *Antioxidants*. 2021;(10):273. <https://doi.org/10.3390/antiox10020273>
19. Li Y., Yao J., Han C., et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients*. 2016;8(3):167. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>
20. Zhang M., Swartz S.G., Yin L., et al. Antioxidant Properties of Quercetin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2011;701:283-298. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7756-4_38
21. Bedrnicek J., Kadlec J., Laknerova I., Mraz J., Samkova E., Petraskova E., Hasonova L., Vacha F., Kron V., Smetana P. Onion Peel Powder as an Antioxidant-Rich Material for Sausages Prepared from Mechanically Separated Fish Meat. *Antioxidants*. 2020;(9):974. <https://doi.org/10.3390/antiox9100974>
22. Milea S.A., Aprodu I., Enachi E., Barbu V., Rapeanu G., Bahrim G.E., Stanciu N. Whey Protein Isolate-Xylose Maillard-Based Conjugates with Tailored Microencapsulation Capacity of Flavonoids from Yellow Onions Skins. *Antioxidants*. 2021;(10):1708. <https://doi.org/10.3390/antiox10111708>
23. Piechowiak T., Grzelak-Blaszczyk K., Bonikowski R., Balawejder M. Optimization of extraction of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT Food Sci. Technol.* 2020;(117):108614. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
24. Гомеопат Лайф. <https://gomeopatlife.ru/allium-сера/> (дата обращения 21.05.2024)
25. Методические указания по апробации овощных и бахчевых культур. М., 2018. 224 с. <https://elibrary.ru/xyqtul>
26. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М., 2001. 500 с. <https://elibrary.ru/wqdcmlj>
27. Фит Аудит. <https://fitaudit.ru/> (дата обращения 10.03.2024)
28. Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT*. 2004;37(2):263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.001>
29. Suleria H.A.R., Butt M.S., Anjum F.M., Saeed F., Khalid N. Onion: nature protection against physiological threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015;55(1):50–66. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.646364>
30. Коцарева Н.В., Березняк М.Е. Оценка хозяйственно ценных показателей маточников лука репчатого. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023;(2):60-64. <https://elibrary.ru/qpfadow>
31. Kobabe G. Beziehungen zwischen standweite Zwiebelgewicht und Zwiebelform bei *Allium cepa* L. *Zoitschr. Pflanzenzücht.* 1986;60(2):102-112.
32. Жаркова С.В. Формирование параметров адаптивности и стабильности сортообразцов лука репчатого в зависимости от условий среды. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018;(5(163)):71-75. <https://elibrary.ru/xugfat>
33. Логунова В.В., Кривенков Л.В., Гуркина Л.К., Гращенкова Н.Н. Селекция лука репчатого на гетерозис. *Известия ФНЦО*. 2019;(2):45-49. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-45-49> <https://elibrary.ru/wzrqhj>
34. Агафонов А.Ф., Логунова В.В. Гетерозисная селекция лука репчатого. *Овощи России*. 2018;(5):25-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-25-28> <https://elibrary.ru/pjmnwd>
35. Логунов А.Н., Будылин М.В., Тико Е.А. Использование молекулярных маркеров в современной селекции лука репчатого (*Allium cepa* L.). *Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур*. 2016. С. 194-199. <https://elibrary.ru/zchkvov>
36. Алижанова Р.Р., Монахос С.Г., Монахос Г.Ф. Молекулярные маркеры в селекции лука репчатого. *Картофель и овощи*. 2019;(2):32-35. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.28.2.007> <https://elibrary.ru/yxznvr>
37. Марчева М.М., Середин Т.М., Баранова Е.В., Молчанова А.В., Жаркова С.В. Влияние применения глауконитовых песков на элементы продуктивности лука репчатого в условиях нечерноземной зоны РФ. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023;8(226):12-18. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-226-8-12-18> <https://elibrary.ru/ctktq>
38. Князьков А.Н., Надежкин С.М., Агафонов А.Ф. Оптимизация минерального питания в семеноводстве лука репчатого. *Плодородие*. 2014;(2(77)):16-18. <https://elibrary.ru/sduwmj>
39. Уточкин В.Г., Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А. Основные аспекты и методологические особенности агрохимической оценки сырьевых источников питательных веществ. *Химия в сельском хозяйстве*. 1995;(6):3-9.
40. Кожемякин В.С., Васильев А.А. Технология производства картофеля с применением глауконитовых песков в условиях Уральского региона. Челябинск: ЮУНИИПОК. 2004. 45 с.
41. Васильев А.А. Глауконит – эффективное природное минеральное удобрение картофеля. *Аграрный вестник Урала*. 2009;(6):35-37. <https://elibrary.ru/kvzgdg>
42. Лукомец С.Г., Лазько В.Э. Цветение и плодоношение семенников лука озимого сорта Эллан в 2007 году. Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству: к 110-летию со дня рождения Квасникова Б.В. 2009. С. 283-286.
43. Кадиров У.А., Арамов М.Х. Влияние сроков посадки маточных луковиц на урожайность и посевные качества семян лука репчатого. *Овощи России*. 2021;(3):68-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-68-71> <https://elibrary.ru/upakzj>
44. Ashagrie T., Belew D., Nebiyu A. Influence of planting date and bulb size on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) seed production. *Cogent Food & Agriculture*. 2021;7(1):1908656. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1908656>
45. Мастяев И.С., Агафонов А.Ф., Кривенков Л.В., Подорогин В.А., Ушаков В.А. Влияния сроков, схемы, глубины посадки и размера маточных луковиц на продуктивность семенных растений и качество семян лука репчатого в условиях Предгорной зоны Северного Кавказа. *Овощи России*. 2022;(1):55-62. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-55-62> <https://elibrary.ru/wihioj>
46. Лазько В.Э., Якимова О.В., Лукомец С.Г. Применение препарата Эпин-Экстра, Р на семенниках репчатого лука. *Рисоводство*. 2016;(3-4):78-82. <https://elibrary.ru/xwqold>
47. Tehulie N.S., Endeg S., Hunegnaw A., Kebede A. Review on the effect of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on seed yield of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Horticulture and Food Science*. 2021;3(1):13-16. <https://doi.org/10.33545/26631067.2021.v3.i1a.54>
48. Ara R., Deb A.C. Combining ability and gene action of four seed yield contributing characters in onion (*Allium cepa* L.). *IJCS*. 2021;9(1):01-07. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1a.11189>
49. Кошеваров А.А., Надежкин С.М., Агафонов А.Ф. Семенная и овощ-

- ная продуктивность лука репчатого при оптимизации минерального питания. *Овощи России*. 2011;(2):21-25. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-21-25> <https://elibrary.ru/oybzcw>
50. Нуришанова И.Б. РГС как перспективный метод хранения плодово-овощной продукции. *Научные основы развития АПК*. 2022. С. 42-47. <https://elibrary.ru/rkrfmed>
51. Любченко А.В. Исходный материал для селекции лука на адаптивность и качество продукции в условиях предгорной зоны Республики Адыгея. Санкт-Петербург, 2015. 21 с. <https://elibrary.ru/wlhnin>
52. Gunaratna L.N.R., Deshappriya N., Rajapaksha R.G.S.A.S., Jayaratne D.L. *Allium cepa* L. (Onion) Storage Diseases and Effect of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma virens* Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Tropical Agricultural Research*. 2023;34(3):161-169. <https://doi.org/10.4038/tar.v34i3.8542>
53. Ansari N.A., Chamran S.C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian. *J. of Plant Science and Biotechnology*. 2019;1(2):23-38.
54. Сидляревич В.И., Шинкоренко Е.Г. Система защиты лука и чеснока от вредителей, болезней и сорняков. *Ахова раслін*. 2000;(4):11-12.
55. Abo-Elyousr K.A.M., Imran M., Sallam N.M.A. et al. Sustainable biocontrol of purple blotch disease in *Allium cepa* L. by biocontrol yeasts, *Pichia kluyveri* and *Filobasidium wieringae*. *Egypt J Biol Pest Control*. 2024;34(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00776-6>
56. Shin J.-H., Lee H.-K., Back C.-G., Kang S.-h., Han J.-w., Lee S.-C., Han Y.-K. Identification of *Fusarium* Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*. 2023;51(4):264-272. <https://doi.org/10.1080/12298093.2023.2243759>
57. Коробейникова О.В., Строт Т.А. Влияние стимуляторов роста растений на урожайность, пораженность шейковой гнилью и качество лука репчатого. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;(3(71)):20-28. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28 <https://elibrary.ru/yvbxui>
58. Шогенов Ю.М., Шибзухов З.С., Эльмесов С.С.-Б., Виндугов Т.С. Продолжительность межфазных периодов и ростовые процессы в зависимости от приемов возделывания в условиях Кабардино-Балкарии. Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства. 2017. С. 344–346. <https://elibrary.ru/ztkhwl>
59. Маринченко Т.Е., Королькова А.П. Отечественные биопрепараты для экологически чистого растениеводства. Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса. 2021. С. 314-318. <https://elibrary.ru/oabqxa>
60. Van der Heyden H., Dutilleul P., Charron J.B., Bilodeau G.J., Carisse, O. Factors influencing the occurrence of onion downy mildew (*Peronospora destructor*) epidemics: Trends from 31 years of observational data. *Agronomy*, 2020;10(5):738. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050738>
61. Lee H.M., Park J.S., Kim S.J., Kim S.G., Park Y.D. Using Transcriptome Analysis to Explore Gray Mold Resistance-Related Genes in Onion (*Allium cepa* L.). *Genes*. 2022;13(3):542. <https://doi.org/10.3390/genes13030542>
62. Caligiore-Gei P.F., Ciotti M.L., Valdez J.G., Galmarini, C.R. Breeding onion for resistance to *Fusarium* basal rot: comparison of field selection and artificial inoculation. *Tropical plant pathology*. 2020;(45):493-498. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00351-y>
63. Corrado C.L., Micali G., Mauceri A., Bertin S., Sunseri F., Abenavoli M.R., Tiberini A. Study on Italian Onion Cultivars/Ecotypes towards Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV) Infection. *Horticulturae*. 2024;10(1):73. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010073>
64. Onaebi N.C., Ugwuja N.F., Okoro C.A., Amujiri N.A., Ivoke U.M. Mycoflora associated with post-harvest rot of onion (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) bulbs. *Research on Crops*. 2020;21(2):380-389. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.064>
65. Эйдин Я.Т., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г. Маркер-опосредованный отбор при создании устойчивых к пероноспорозу линий закрепителей стерильности лука репчатого (*A. cepa* L.). *Овощи России*. 2021;(3):34-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-34-39> <https://elibrary.ru/iqnfie>
66. Sahoo J., Mahanty B., Mishra R., Joshi, R.K. Development of SNP markers linked to purple blotch resistance for marker-assisted selection in onion (*Allium cepa* L.) breeding. 3 *Biotech*. 2023;13(5):137. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03562-7>
67. Khrustaleva L., Mardini M., Kudryavtseva N., Alizhanova R., Romanov D., Sokolov P., Monakhos G. The power of genomic in situ hybridization (GISH) in interspecific breeding of bulb onion (*Allium cepa* L.) resistant to downy mildew (*Peronospora destructor* [Berk.] Casp.). *Plants*. 2019;8(2):36. <https://doi.org/10.3390/plants8020036>
68. De Vries J.N., Wietsma W.A., Jongerius M.C. Linkage of downy mildew resistance genes Pd1 and Pd2 from *Allium roylei* Stearn in progeny of its interspecific hybrid with onion (*A. cepa*). *Euphytica*. 1992;(64):131–137. <https://doi.org/10.1007/BF00023546>
69. Galvan G.A., Wietsma W., Putrasamedja S. et al. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
70. Kohli B., Gohil R.N. Need to conserve *Allium roylei* Stearn: a potential gene reservoir. *Genet Resour Crop Evol.* 2009;(56):891–893. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9482-7>
71. Van der Meer Q.P., de Vries J.N. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L., and its backcross to *A. cepa*. *Euphytica*. 1990;(47):29–31. <https://doi.org/10.1007/BF00040359>
72. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions. *Annals of Applied Biology*. 1984;(105):277-283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03051.x>
73. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal C. Greenhouse technique to evaluate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris*. *Euphytica*. 1985;(34):385–391.
74. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasamedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
75. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*. Proc 3rd Eucarpia *Allium* Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21–23.
76. Emsweller S.L., Jones H.A. An interspecific hybrid in *Allium*. *Hilgardia*. 1935;(9):265–273.
77. Титова И.В., Тимин Н.И., Юрьева Н.А. Межвидовая гибридизация луков с целью получения форм, устойчивых к ложной мучнистой росе. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1983;(8):190.
78. Романов В.С., Романова О.В., Логунова В.В., Тареева М.М. Ускоренное получение одного поколения лука за год технологиями культуры цветочных бутонов *in vitro*. *Биосфера*. 2022;(4(14)):375-379. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i4.696> <https://elibrary.ru/xpnjux>
79. Добруцкая Е.Г., Антошкин А.А., Агафонов А.Ф., Дубова М.В. Оценка разнообразия селекционного материала лука репчатого ВНИИССОК по адаптивности, показателям продуктивности и качеству продукции. *Гавриш*. 2008;(4):33-37.
80. Давлетбаева О.Р., Ибрагимбеков М. Г., Ховрин А.Н., Рубцов А.А. Экологическое испытание образцов репчатого лука отечественной и зарубежной селекции в однолетней культуре в условиях Московской области. *Картофель и овощи*. 2020;(10):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.70.29.007> <https://elibrary.ru/nebuqt>
81. Солдатенко А.В., Борисов В.А. Экологическое овощеводство. М., Изд-во ФГБНУ ФНЦО. 2022. 504 с. ISBN 978-5-901695-88-3. <https://elibrary.ru/hbrgmw>
82. Hanci F., Cebeci E. Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bull. J. Agric. Sci.* 2015;21(6):1204-1210.
83. Regessa M., Gemechis A., Chala E. Growth, physiology and yield of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress. *Greener J. Agricultural Sci.* 2022;12(2):154-167.
84. Lastiri-Hernandez M.A., Alvarez-Bernal D., Conde Barajas E., Miranda J.G.G. Biosaline agriculture: an agronomic proposal for onion (*Allium cepa* L.) production. *International Journal of Phytoremediation*. 2021;23(12):1301–1309. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1895716>
85. Mangal J.L., Lal S., Hooda, P.S. Salt tolerance of the onion seed crop. *Journal of Horticultural Science*. 1989;64(4):475–477. <https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11515980>
86. Slabu C., Jitareanu C.D., Marta A.E., Bologa Covasa M. The behavior of some onion (*Allium cepa* L.) local landraces under salt stress. 2015;58(1):67-72.
87. Plabon M.D. *In vitro* regeneration of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress condition. Dissertation Master of Science in biotechnology. Department of Biotechnology. 2017.
88. Potopova V., Stepanek P., Farda A., Turkott L., Zahradnicek P., Soukup J. Drought stress impact on vegetable crop yields in the Elbe River Lowland between 1961 and 2014. *Cuadernos De Investigacion Geografica*. 2016;42(1):127–43. <https://doi.org/10.18172/cig.2924>

89. Sairam R.K., Saxena D.C. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 2000;184:55–61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
 90. Pasley H.R., Huber I., Castellano M.J., Archontoulis S.V. Modeling flood-induced stress in soybeans. *Front. Plant Sci.* 2020;11(62) <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00062>
 91. Gedam P.A., Shirsat D.V., Arunachalam T., Ghosh S., Gawande S.J., Mahajan V., Gupta A.J. Singh M. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Waterlogging Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2022;12:117–123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727262>
 92. Gedam P.A., Thangasamy A., Shirsat D.V. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis. *Front. Plant Sci.* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>
 93. Тимин Н.И., Пышная О.Н., Агафонов А.Ф., Мамедов М.И., Титова И.В., Кан Л.Ю., Енгальцева И.А. Межвидовая гибридизация овощных растений (*Allium* L. – лук, *Daucus* L. – морковь, *Capsicum* L. – перец). М.: Изд-во ВНИИССОК. 2013. 188 с. ISBN: 978-5-901695-59-3. <https://elibrary.ru/vrqrhyt>
 94. Salter P.J., James J.M. The performance of Japanese and European cultivars of onion from autumn sowing for early production. *Nat. Inst. Agr. Bot.* 1977;13(13):367–369.
 95. Благородова, Е.Н., Кондратенко Е.А. Сорт, как определяющий элемент в технологии производства лука репчатого. *Теория и практика современной аграрной науки.* 2021. С. 29–32. <https://elibrary.ru/cgfkzkd>
 96. Классификатор рода *Allium cepa* L., 1977. 25 с.
 97. Keller E.R.J., Korzun L. Haploidy in onion (*Allium cepa* L.) and other *Allium* species. In: Jain, S.M., Sopory, S.K., Veilleux, R.E. (eds) *In Vitro Haploid Production in Higher Plants. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture.* 1996;25. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1858-5_4
 98. Keller J. Culture of Unpollinated Ovules, Ovaries and Flower Buds in Some Species of The Genus *Allium* and Haploid Induction Via Gynogenesis in Onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica.* 1990;47:241–247. <https://doi.org/10.1007/BF00024247>
 99. Чередниченко Е.А. Подбор и создание исходного материала лука репчатого (*Allium cepa* L.) для южного региона РФ. М., 2022. 26 с.
 100. Bohanec B. Doubled-haploid onions. *Allium crop science: Recent advances.* CABI, Wallingford, UK. 2002;(7):145–157.
 101. Романов В.С. Биоразнообразие межвидовых гибридов рода *Allium* L. *Овощи России.* 2022;(5):43–49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-43-49> <https://elibrary.ru/kncage>
- References
1. Brezgin N. Medicinal plants of the central part of Russia. Akademkniga: Slog; 1933. 320 p. (in Russ.)
 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/> (accessed 23.05.2024) (in Russ.)
 3. Borisov V.A., Dyatlikovtch A.I., Polyakov A.V. Modern condition and perspectives of onion production in different regions of Russia. *Potato and Vegetables.* 2006;(8):13–15. (In Russ.) <https://elibrary.ru/hyizhx>
 4. Burenin V.I., Shumilina V.V. Distant hybridization of plants of *Allium* L. *Vegetable crops of Russia.* 2016;(1):10–13. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-10-13> <https://elibrary.ru/vmjwbt>
 5. Fedorov D.A. Development of elements of intensive technology for growing Russian F₁ onion hybrids in the conditions of the Moscow region. М., 2015. 26 p. (in Russ.)
 6. Register of breeding achievements. <https://gossortrf.ru/registry/> (accessed 15.02.2024) (in Russ.)
 7. Singh H., Khar A. Perspectives of onion hybrid breeding in India: An overview. *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 2021;91(10):1426–1432. <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i10.117404>
 8. Mahajan V., Manjunathagowda D.C., Gupta A.J. at all. Onion (*Allium cepa* L.): Breeding for quality traits and export. *Vegetable Science.* 2021;48(2):123–135. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2021.v48.i2.01>
 9. Ibragimbekov M.G. Creation of the source material of onions for breeding long-day peninsular varieties and hybrids. М., 2015. 27 p. <https://elibrary.ru/zpvhdx> (in Russ.)
 10. Mastyaev I.S., Agafonov A.F., Krivenkov L.V. Evaluation of onion samples (*Allium cepa* L.) of various origins in the foothill zone of the North Caucasus and creation of source material fo. *Vegetable crops of Russia.* 2021;(6):58–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-58-64> <https://elibrary.ru/fmqxre>
 11. Sharifi-Rad J., Mnyer D., Tabanelli G., Stojanovic-Radic Z.Z., Sharifi-Rad M., Yousaf Z., Vallone L., Setzer W.N., Iriti M. Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Cell. Mol. Biol.* 2016;62(9):57–68. <https://doi.org/10.14715/cmb/2016.62.9.10>
 12. Usmanova M.B., Imamova Y.A. Onion – application in medicine. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences.* 2022;(2):914–917. (In Russ.)
 13. Akash M.S.H., Rehman K., Chen S. Spice plant *Allium cepa*: Dietary supplement for treatment of type 2 diabetes mellitus. *Nutrition.* 2014;30(10):1128–1137. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.02.011>
 14. Horcajada-Molteni M.-N., Crespy V., Coxam V., Davicco M.-J., Remesy C., Barlet J.-P. Rutin Inhibits Ovariectomy-Induced Osteopenia in Rats. *Journal of Bone and Mineral Research.* 2000;15(11):2251–2258. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2251>
 15. Platel K., Srinivasan K. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutrition Research.* 2001;21(9):1309–1314. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(01\)00331-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(01)00331-1)
 16. Samad N., Saleem A. Administration of *Allium cepa* L. bulb attenuates stress-produced anxiety and depression and improves memory in male mice. *Metab. Brain Dis.* 2018;(33):271–281. <https://doi.org/10.1007/s11011-017-0159-1>
 17. Askarov I.R., Isakov Kh., Dzhamolova Kh.M. Useful vitamins in onion and onion shell. *Economy and society.* 2022;12-1(103):397–403. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xsjhtw>
 18. Gonzalez-de-Peredo A.V., Vazquez-Espinosa M., Espada-Bellido E., Carrera C., Ferreira-Gonzalez M., Barbero G.F., Palma M. Flavonol Composition and Antioxidant Activity of Onions (*Allium cepa* L.) Based on the Development of New Analytical Ultrasound-Assisted Extraction Methods. *Antioxidants.* 2021;(10):273. <https://doi.org/10.3390/antiox10020273>
 19. Li Y., Yao J., Han C., et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients.* 2016;8(3):167. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>
 20. Zhang M., Swartz S.G., Yin L., et al. Antioxidant Properties of Quercetin. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2011;701:283–298. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7756-4_38
 21. Bedrnicek J., Kadlec J., Laknerova I., Mraz J., Samkova E., Petraskova E., Hasonova L. Vacha F., Kron V., Smetana P. Onion Peel Powder as an Antioxidant-Rich Material for Sausages Prepared from Mechanically Separated Fish Meat. *Antioxidants.* 2020;(9):974. <https://doi.org/10.3390/antiox9100974>
 22. Milea S.A., Aprodu I., Enachi E., Barbu V., Rapeanu G., Bahrim G.E., Stanciuc N. Whey Protein Isolate-Xylose Maillard-Based Conjugates with Tailored Microencapsulation Capacity of Flavonoids from Yellow Onions Skins. *Antioxidants.* 2021;(10):1708. <https://doi.org/10.3390/antiox10111708>
 23. Piechowiak T., Grzelak-Blaszczyk K., Bonikowski R., Balawejder M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT Food Sci. Technol.* 2020;(117):108614. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
 24. Gomeopat Life <https://gomeopatlife.ru/allium-cepa/> (accessed 21.05.2024) (in Russ.)
 25. Methodological guidelines for approbation of vegetable and melon crops. М., 2018. 224 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/xyqtul>
 26. Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. М., 2001. 500 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/wqdcjmj>
 27. FitAudit. <https://fitaudit.ru/> (accessed 10.03.2024) (in Russ.)
 28. Benkeblia N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *LWT.* 2004;37(2):263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.001>
 29. Suleria H.A.R., Butt M.S., Anjum F.M., Saeed F., Khalid N. Onion: nature protection against physiological threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2015;55(1):50–66. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.646364>
 30. Kotsareva N.V., Bereznyak M.E. Evaluation of economically valuable indicators of onion parent plants. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2023;(2):60–64. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qpfddw>
 31. Kobabe G. Beziehungen zwischen standweite Zwiebelgelgewicht und Zwiebelform bei *Allium cepa* L. *Zeitschr. Pflanzenzücht.* 1986;60(2):102–112.
 32. Zharkova S.V. Formation of adaptability and stability parameters of

- bulb onion candidate varieties depending on the environmental conditions. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2018;(5(163)):71-75. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xugfat>
33. Logunova V.V., Krivenkov L.V., Gurkina L.K., Grashchenkova N.N. Selection of onions for heterosis. *News of FSV*. 2019;(2):45-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-2-45-49> <https://elibrary.ru/wzrqhj>
34. Agafonov A.F., Logunova V.V. Heterosis breeding of onion. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):25-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-25-28> <https://elibrary.ru/pjmnwd>
35. Logunov A.N., Budylin M.V., Tico E.A. Use of molecular markers in modern breeding onions (*Allium cepa* L.). *Breeding, seed growing and cultivar technology of vegetable, watermelon and flower crops*. 2016. P.194-199. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zchokv>
36. Alizhanova R.R., Monakhos S.G., Monakhos G.F. Molecular markers in onion breeding. *Potato and Vegetables*. 2019;(2):32-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.28.2.007> <https://elibrary.ru/yxznvr>
37. Marcheva M.M., Seredin T.M., Baranova E.V., Molchanova A.V., Zharkova S.V. Influence of using glauconite sands on the elements of bulb onion productivity under the conditions of the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023;8(226):12-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-226-8-12-18> <https://elibrary.ru/lctktq>
38. Knyaz'kov A.N., Nadezhkin S.M., Agafonov A.F. Optimization of mineral nutrition in onion seed production. *Plodorodie*. 2014;(2(77)):16-18. <https://elibrary.ru/sduwmj> (In Russ.)
39. Utochkin V. G., Chumachenko I. N., Sushenitsa B. A. Main aspects and methodological features of agrochemical assessment of raw sources of nutrients. *Chemistry in agriculture*. 1995;(6):3-9. (In Russ.)
40. Kozhemyakin V.S., Vasiliev A.A. Potato production technology using glauconite sands in the conditions of the Ural region. Chelyabinsk: YUUNIPOK. 2004. 45 p. (In Russ.)
41. Vasil'ev A.A. Glaukonit - effective natural mineral fertilizer of the potato. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2009;(6):35-37. (In Russ.) <https://elibrary.ru/kvzgdtd>
42. Lukomets S.G., Lazko V.E. Flowering and fruiting of onion testes of winter variety Ellan in 2007. Collection of scientific papers on vegetable growing and melon growing: to the 110th anniversary of the birth of Kvasnikov B.V. 2009. P. 283-286. (In Russ.)
43. Kadirov U.A., Aramov M.Kh. Influence of mother onion planting time on the yield and sowing its qualities onion seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):68-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-68-71> <https://elibrary.ru/upakzj>
44. Ashagrie T., Belew D., Nebiyu A. Influence of planting date and bulb size on yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) seed production. *Cogent Food & Agriculture*. 2021;7(1):1908656. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1908656>
45. Mastyaev I.S., Agafonov A.F., Krivenkov L.V., Podorogin V.A., Ushakov V.A. The effects of timing, scheme, planting depth and size of the uterine bulbs on the productivity of seed plants and seed quality onions in the conditions of the Foothill zone of the North Caucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):55-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-55-62> <https://elibrary.ru/wihioj>
46. Lazko V.E., Yakimova O.V., Lukomets S.G. Use of preparation Epin-Extra, R on seed plants of onion. *Rice growing*. 2016;(3-4):78-82. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xwqold>
47. Tehulie N.S., Endeg S., Hunegnaw A., Kebede A. Review on the effect of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on seed yield of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Horticulture and Food Science*. 2021;3(1):13-16. <https://doi.org/10.33545/26631067.2021.v3.i1a.54>
48. Ara R., Deb A.C. Combining ability and gene action of four seed yield contributing characters in onion (*Allium cepa* L.). *IJCS*. 2021;9(1):01-07. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1a.11189>
49. Koshevarov A.A., Nadezhkin S.M., Agafonov A.F. Seed and vegetative productivity of bulb onion under optimization of mineral nutrition. *Vegetable crops of Russia*. 2011;(2):21-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-21-25> <https://elibrary.ru/oybzcx>
50. Nurishanova I.B. RGS as a promising method of storing fruit and vegetable products. *Scientific foundations of the development of agriculture*. 2022. P.42-47. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rkfmed>
51. Lyubchenko A.V. Source material for onion breeding for adaptability and product quality in the conditions of the foothill zone of the Republic of Adygea. St. Petersburg, 2015. 21 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wlnhin>
52. Gunaratna L.N.R., Deshapriya N., Rajapaksha R.G.S.A.S., Jayaratne D.L. *Allium cepa* L. (Onion) Storage Diseases and Effect of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma virens* Pre-harvest Treatments on Postharvest Quality. *Tropical Agricultural Research*. 2023;34(3):161-169. <https://doi.org/10.4038/tar.v34i3.8542>
53. Ansari N.A., Chamran S.C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian. *J. of Plant Science and Biotechnology*. 2019;1(2):23-38.
54. Sidlyarevich, V.I., Shinkarenko E.G. Onion and garlic protection system from pests, diseases and weeds. *Ahova raslin*. 2000;(4):11-12. (In Russ.)
55. Abo-Elyousr K.A.M., Imran M., Sallam N.M.A. et al. Sustainable biocontrol of purple blotch disease in *Allium cepa* L. by biocontrol yeasts, *Pichia kluyveri* and *Filobasidium wieringae*. *Egypt J Biol Pest Control*. 2024;34(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00776-6>
56. Shin J.-H., Lee H.-K., Back C.-G., Kang S.-h., Han J.-w., Lee S.-C., Han Y.-K. Identification of *Fusarium* Basal Rot Pathogens of Onion and Evaluation of Fungicides against the Pathogens. *Mycobiology*. 2023;51(4):264-272. <https://doi.org/10.1080/12298093.2023.2243759>
57. Korobejnikova O.V., Strot T.A. The effect of plant growth stimulants on yield, neck rot infestation and quality of onion. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022;(3(71)):20-28. (In Russ.) https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_20-28 <https://elibrary.ru/yvbxu>
58. Shogenov Yu.M., Shizukhov Z.S., Elmesov S.S.-B., Vindugov T.S. Duration of interphase periods and growth processes depending on cultivation techniques in Kabardino-Balkaria. Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support of agricultural production. 2017. P. 344-346. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ztkhwl>
59. Marichenko T.E., Korolkova A.P. Domestic biological products for environmentally friendly crop production. Scientific support for the sustainable development of the agro-industrial complex. 2021. P.314-318. (In Russ.) <https://elibrary.ru/oabqxa>
60. Van der Heyden H., Dutilleul P., Charron J.B., Bilodeau G.J., Carisse, O. Factors influencing the occurrence of onion downy mildew (*Peronospora destructor*) epidemics: Trends from 31 years of observational data. *Agronomy*, 2020;10(5):738. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050738>
61. Lee H.M., Park J.S., Kim S.J., Kim S.G., Park Y.D. Using Transcriptome Analysis to Explore Gray Mold Resistance-Related Genes in Onion (*Allium cepa* L.). *Genes*. 2022;13(3):542. <https://doi.org/10.3390/genes13030542>
62. Caligiore-Gei P.F., Ciotti M.L., Valdez J.G., Galmarini, C.R. Breeding onion for resistance to *Fusarium* basal rot: comparison of field selection and artificial inoculation. *Tropical plant pathology*. 2020;(45):493-498. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00351-y>
63. Corrado C.L., Micali G., Mauceri A., Bertin S., Sunseri F., Abenavoli M.R., Tiberini A. Study on Italian Onion Cultivars/Ecotypes towards Onion Yellow Dwarf Virus (OYDV) Infection. *Horticulturae*. 2024;10(1):73. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010073>
64. Onaebi N.C., Ugwuja N.F., Okoro C.A., Amujiri N.A., Ivoke U.M. Mycoflora associated with post-harvest rot of onion (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) bulbs. *Research on Crops*. 2020;21(2):380-389. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.064>
65. Eidlin Ya.T., Monakhos G.F., Monakhos S.G. Marker-assisted breeding of onion (*A. cepa* L.) maintainer line resistant to Downy mildew. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):34-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-34-39> <https://elibrary.ru/iqnfie>
66. Sahoo J., Mahanty B., Mishra R., Joshi, R.K. Development of SNP markers linked to purple blotch resistance for marker-assisted selection in onion (*Allium cepa* L.) breeding. 3 *Biotech*. 2023;13(5):137. <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03562-7>
67. Khrustaleva L., Mardini M., Kudryavtseva N., Alizhanova R., Romanov D., Sokolov P., Monakhos G. The power of genomic in situ hybridization (GISH) in interspecific breeding of bulb onion (*Allium cepa* L.) resistant to downy mildew (*Peronospora destructor* [Berk.] Casp.). *Plants*. 2019;8(2):36. <https://doi.org/10.3390/plants8020036>
68. De Vries J.N., Wietsma W.A., Jongerius M.C. Linkage of downy mildew resistance genes Pd1 and Pd2 from *Allium roylei* Stearn in progeny of its interspecific hybrid with onion (*A. cepa*). *Euphytica*. 1992;(64):131-137. <https://doi.org/10.1007/BF00023546>
69. Galvan G.A., Wietsma W., Putrasemedja S. et al. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173-178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>

70. Kohli B., Gohil R.N. Need to conserve *Allium roylei* Stearn: a potential gene reservoir. *Genet Resour Crop Evol.* 2009;(56):891–893. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9482-7>
71. Van der Meer Q.P., de Vries J.N. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L., and its backcross to *A. cepa*. *Euphytica*. 1990;(47):29–31. <https://doi.org/10.1007/BF00040359>
72. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions. *Annals of Applied Biology*. 1984;(105):277–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03051.x>
73. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal C. Greenhouse technique to evaluate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris*. *Euphytica*. 1985;(34):385–391.
74. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasemedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 1997;(95):173–178. <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>
75. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*. Proc 3rd Eucarpia *Allium* Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21–23.
76. Emsweller S.L., Jones H.A. An interspecific hybrid in *Allium*. *Hilgardia*. 1935;(9):265–273.
77. Titova I.V., Timin N.I., Yurieva N.A. Interspecific hybridization of bows in order to obtain forms resistant to false powdery mildew. Dokl. VASHNIL. 1983;(8):190. (In Russ.)
78. Romanov V.S., Romanova O.V., Logunova V.V., Tareeva M.M. Accelerated production of one generation of alliums per year by the technology of flower bud culture *in vitro*. *Biosfera*. 2022;(4(14)):375–379. (In Russ.) <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i4.696> <https://elibrary.ru/xpnjux>
79. Dobrutskaia E.G., Agafonov A.F., Antoshkin A.A., Dubova M.V. The variability of genefund of *Allium cepa* L. (VNISSOK selection) in adaptivity and stability of yield and quality production. *GAVRISH*. 2008;(4):33–37. (In Russ.)
80. Davletbaeva O.R., Ibragimbekov M.G., Khovrin A.N., Rubtsov A.A. Ecological testing of samples of onion of domestic and foreign selection in annual culture in the conditions of the Moscow region. *Potato and Vegetables*. 2020;(10):37–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.70.29.007> <https://elibrary.ru/nebuqt>
81. Soldatenko A.V., Borisov V.A. Ecological vegetable growing. M. 2022. 504 p. ISBN 978-5-901695-88-3. <https://elibrary.ru/hbrgmw> (In Russ.)
82. Hanci F., Cebeci E. Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bull. J. Agric. Sci.* 2015;21(6):1204–1210.
83. Regessa M., Gemechis A., Chala E. Growth, physiology and yield of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress. *Greener J. Agricultural Sci.* 2022;12(2):154–167.
84. Lastiri-Hernandez M.A., Alvarez-Bernal D., Conde Barajas E., Miranda J.G.G. Biosaline agriculture: an agronomic proposal for onion (*Allium cepa* L.) production. *International Journal of Phytoremediation*. 2021;23(12):1301–1309. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1895716>
85. Mangal J.L., Lal S., Hooda, P.S. Salt tolerance of the onion seed crop. *Journal of Horticultural Science*. 1989;64(4):475–477. <https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11515980>
86. Slabu C., Jitareanu C.D., Marta A.E., Bologa Covasa M. The behavior of some onion (*Allium cepa* L.) local landraces under salt stress. 2015;58(1):67–72.
87. Plabon M.D. *In vitro* regeneration of onion (*Allium cepa* L.) under salt stress condition. Dissertation Master of Science in biotechnology. Department of Biotechnology. 2017.
88. Potopova V., Stepanek P., Farda A., Turkott L., Zahradnicek P., Soukup J. Drought stress impact on vegetable crop yields in the Elbe River Lowland between 1961 and 2014. *Cuadernos De Investigacion Geografica*. 2016;42(1):127–43. <https://doi.org/10.18172/cig.2924>
89. Sairam R.K., Saxena D.C. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.* 2000;184:55–61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
90. Pasley H.R., Huber I., Castellano M.J., Archontoulis S.V. Modeling flood-induced stress in soybeans. *Front. Plant Sci.* 2020;11(62) <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00062>
91. Gedam P.A., Shirsat D.V., Arunachalam T., Ghosh S., Gawande S.J., Mahajan V., Gupta A.J. Singh M. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Waterlogging Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2022;12:117–123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.727262>
92. Gedam P.A., Thangasamy A., Shirsat D.V. at all. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis. *Front. Plant Sci.* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>
93. Timin N.I., Pyshnaya O.N., Agafonov A.F., Mammadov M.I., Titova I.V., Kan L.Yu., Engalycheva I.A. Interspecific hybridization of vegetable plants (*Allium* L. – onion, *Daucus* L. – carrot, *Capsicum* L. – pepper). Moscow: Publishing House VNISSOK. 2013. 188 p. ISBN: 978-5-901695-59-3. (In Russ.) <https://elibrary.ru/vrqhyt>
94. Salter P.J., James J.M. The performance of Japanese and European cultivars of onion from autumn sowing for early production. *Nat. Inst. Agr. Bot.* 1977;13(13):367–369.
95. Blagorodova, E.N., Kondratenko, E.A. Variety as a determining element in onion production technology. *Theory and practice of modern agrarian science*. 2021. P. 29–32. (In Russ.) <https://elibrary.ru/cgfzkd>
96. Classifier of the genus *Allium cepa* L., 1977. 25 p. (In Russ.)
97. Keller E.R.J., Korzun L. Haploidy in onion (*Allium cepa* L.) and other *Allium* species. In: Jain, S.M., Sopory, S.K., Veilleux, R.E. (eds) *In Vitro Haploid Production in Higher Plants. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*. 1996;25. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1858-5_4
98. Keller J. Culture of Unpollinated Ovules, Ovaries and Flower Buds in Some Species of The Genus *Allium* and Haploid Induction Via Gynogenesis in Onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 1990;47:241–247. <https://doi.org/10.1007/BF00024247>
99. Cherednichenko E.A. Selection and creation of the source material of onion (*Allium cepa* L.) for the southern region of the Russian Federation. M., 2022. 26 p. (In Russ.)
100. Bohanec B. Doubled-haploid onions. *Allium crop science: Recent advances*. CABI, Wallingford, UK. 2002;(7):145–157.
101. Romanov V.S. Biodiversity of interspecific hybrids of the genus *Allium* L. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(5):43–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-43-49> <https://elibrary.ru/kncage>

Об авторах:

Маргарита Михайловна Марчева – младший научный сотрудник лаборатории физиологических основ семеноведения овощных культур, SPIN-код: 1141-8090, <https://orcid.org/0000-0003-1674-6651>, автор для переписки, margo.marcheva@yandex.ru

Тимофей Михайлович Середин – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, SPIN-код: 3330-9922, <https://orcid.org/0000-0002-9999-023X>, timofey-seredin@rambler.ru

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологических основ семеноведения овощных культур, SPIN-код: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, kaigorodova-i@mail.ru

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, академик РАН, главный научный сотрудник, SPIN-код: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Елена Викторовна Баранова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, SPIN-код: 1306-9966, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>, elena-shevcovabaranova@mail.ru

About the Authors:

Margarita M. Marcheva – Junior Researcher of the Laboratory of Physiological Basis of Seed Science of Vegetable Crops, SPIN-code: 1141-8090, <https://orcid.org/0000-0003-1674-6651>, Corresponding Author, margo.marcheva@yandex.ru

Timofey M. Seredin – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, SPIN-code: 3330-9922, <https://orcid.org/0000-0002-9999-023X>, timofey-seredin@rambler.ru

Irina M. Kaigorodova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological Basis of Seed Science of Vegetable Crops, SPIN-code: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, kaigorodova-i@mail.ru

Alexey V. Soldatenko – Dr. (Agriculture), academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, SPIN-code: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Elena V. Baranova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Onion Crops, SPIN-code: 1306-9966, <https://orcid.org/0000-0002-6189-3661>, elena-shevcovabaranova@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-44-51>
УДК: 635.63:631.559:631.81.095.337

М.А. Бочарова*, В.И. Терехова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Автор для переписки:

bocharova@rgau-msha.ru

Вклад авторов: Бочарова М.А.: проведение исследования, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и её редактирование; Терехова В.И.: научное руководство исследованием, ресурсы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бочарова М.А., Терехова В.И. Продуктивность огурца в зависимости от использования микробиологических препаратов. *Овощи России*. 2024;(6):44-51. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-44-51>

Поступила в редакцию: 09.08.2024

Принята к печати: 25.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Maria A. Bocharova*, Vera I. Terekhova

FSBEI HPE Russian State Agricultural University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

*Correspondence Author:

bocharova@rgau-msha.ru

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

Authors' Contribution: Bocharova M.A.: study implementation, conceptualization, methodology, data verification and administration, manuscript preparation and editing; Terekhova V.I.: scientific supervision of the study, resources.

For citation: Bocharova M.A., Terekhova V.I. Cucumber productivity depending on the use of microbiological preparations. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):44-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-44-51>

Received: 09.08.2024

Accepted for publication: 25.10.2024

Published: 29.11.2024

Продуктивность огурца в зависимости от использования микробиологических препаратов

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современном производстве тепличной продукции, при гидропонном выращивании культуры одним из безопасных способов защиты растений, повышения количества и качества продукции огурца является использование микробиологических препаратов.

Материал и методика. Целью работы являлась оценка влияния комплекса микробиологических препаратов на продуктивность гибридов огурца в зимне-весеннем обороте. Исследование проводили в условиях промышленных теплиц в течение 2021-2022 годов. В качестве объектов исследования были выбраны длинноплодные (Lohengrin F₁) среднеплодные (Mewa F₁ и Svyatogor F₁) и короткоплодные (Valigora F₁) партенокарпические гибриды огурца. Препараты вносили пятикратно, с 30-ти дневными интервалами на протяжении всего периода выращивания, первое внесение при высадке растений в производственное отделение. Измерения хозяйственно-ценных и химических показателей проводили еженедельно. Для статистического анализа данных использовали методы описательных статистик и ANOVA.

Результаты. Выявлено положительное стимулирующее влияние комплекса микробиологических препаратов на накопление сырой и сухой биомассы, увеличения урожая и его качества у изучаемых гибридов огурца. Итоговая урожайность при внесении микробиологических препаратов в среднем за два года изучения у всех гибридов огурца увеличилась от 4,1 до 5,5 кг/м², при этом увеличился и выход стандартной продукции в общей структуре урожая от 2,7% до 6,4%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

огурец, гибрид, микробиологические препараты, урожайность, защищенный грунт

Cucumber productivity depending on the use of microbiological preparations

ABSTRACT

Relevance. In the modern production of greenhouse products, with hydroponic cultivation of crops, one of the safe ways to increase the quantity, quality of cucumber products and plant protection is the use of microbiological preparations.

Methodology. The purpose of our work was to assess the effect of a complex of microbiological preparations on the productivity of cucumber hybrids in winter and spring turnover. The study was conducted in industrial greenhouses during 2021-2022. Long-fruited (Lohengrin F₁) medium-fruited (Mewa F₁ and Svyatogor F₁) and short-fruited (Valigora F₁) parthenocarpic cucumber hybrids were selected as research objects. The preparations were applied five times, at 30-day intervals throughout the entire growing period, the first application when planting plants in the production department. Measurements of economically valuable and chemical indicators were carried out weekly. Descriptive statistics and ANOVA methods were used for statistical data analysis.

Results. As a result of the research, a positive stimulating effect of a complex of microbiological preparations on the accumulation of raw and dry biomass, an increase in yield and its quality in the studied cucumber hybrids was revealed. The final yield when applying microbiological preparations increased on average from 4.1 to 5.5 kg/m² in all cucumber hybrids over the two years of study, while the yield of standard products in the total crop structure increased by 2.7% - 6.4%.

KEYWORDS:

cucumber, hybrids, microbiological preparations, greenhouses, yield

Введение

Огурец (*Cucumis sativus* L.) – важнейших представителей семейства тыквенные (*Cucurbitaceae*) и одна из ведущих культур в тепличном производстве овощей [1]. Значение культуры огурца определяется, главным образом, высокой ценностью в питании человека. Огурец почти на 90% состоит из структурированной воды, близкой по своему строению к воде, содержащейся в организме человека, является источником витаминов, минеральных и органических веществ, которые содержатся в форме хорошо усваиваемых организмом человека соединений и играют важную роль в обмене веществ [2].

Для всесезонного получения свежей продукции огурца, его выращивают зимних остекленных теплицах промышленного типа по малообъемной технологии с использованием синтетических или органических субстратов [3]. На данный момент малообъемная гидропонная технология культивирования огурца благодаря высокой экономической эффективности является альтернативой грунтовым способам выращивания [4]. Получения высоких урожаев в тепличном производстве огурца предусматривает создание оптимальных условий питания растений, водного и воздушного режимов почвы [5].

Одним из безопасных способов защиты растений и повышения количества и качества продукции огурца является использование микробиологических препаратов при гидропонном выращивании культуры. Микроорганизмы, ассоциированные с растениями, играют центральную роль в минерализации и трансформации питательных веществ в агроэкосистеме [6]. Симбиотические микроорганизмы способны защищать растения-хозяина от патогенных микроорганизмов и насекомых вредителей, тем самым повышая качество продукции растениеводства [7]. Многие микроорганизмы способны обеспечивать растения азотом, способствуют усвоению фосфора и синтезируют ауксины и фитогормоны, стимулируя рост корней [6, 8]. Искусственное насыщение субстрата высокоэффективными штаммами микробов-антагонистов в составе микробиологических препаратов позволяет повысить супрессивность минераловатных субстратов, что играет значимую роль в защите растений [9]. Повышенная активность микроорганизмов наблюдается в ризосфере, т.к. экссудаты из корней представляют собой легкодоступный источник питания, углерод, для почвенных микроорганизмов [10]. Поэтому многие из микроорганизмов, применяют для предпосевной обработки семян или для корневых подкормок [2].

Кроме всего, препараты на основе микроорганизмов являются экологичными и безопасными для человека и окружающей среды, что соответствует современным требованиям рынка к процессу производства и качеству получаемой сельскохозяйственной продукции [11]. При организации системы выращивания и защиты овощных растений в условиях защищенного грунта важно учитывать, чтобы получаемая продукция была экологически чистой, так как она употребляется в сыром виде. Данное требование реализуемо только с использованием более безопасных приемов и средств выращивания. Применение микробиологических препаратов в технологии выращивании тепличных расте-

ний как раз и отвечает этим требованиям. Существующая проблема биологической безопасности, ввозимой в страну и производимой в стране сельскохозяйственной продукции по остаточным химическим веществам остается наиболее актуальной [12].

В связи с этим, целью нашей работы являлось изучение влияния комплекса микробиологических препаратов на показатели продуктивности огурца в зимне-весеннем обороте.

Материалы и методы исследования

Опыт был заложен в зимне-весенних оборотах 2021–2022 гг. в промышленной зимней теплице конструкции «Venlo» на базе тепличного комплекса, расположенного в III световой зоне. В опыте использовали партенокарпические гибриды огурца: длинноплодный гибрид Lohengrin F₁, среднеплодные гибриды Mewa F₁ и Svyatogor F₁ и короткоплодный гибрид Valigora F₁ (оригинатор Rijk Zwaan, Голландия). Опыт двухфакторный: фактор А – «генотип гибрида» огурца (Mewa F₁, Lohengrin F₁, Valigora F₁, Svyatogor F₁); фактор В – «комплекс микробиологических препаратов» (вариант I – контроль без обработки биопрепаратами, вариант II – обработка комплексом биопрепаратов, разработанных и произведенных отечественной компанией «БИОМ»).

В комплекс входили следующие препараты:

- на основе клеток грибов *Trichoderma* («Трихохит», СП - 101-02-4366-1 до 16.01.2033 г.; «Тетрис», СП - Рег. номер: 101(008)-02-3940-1 до 09.01.2033 г.);
- на основе клеток бактерий *Lactobacillus plantarum*, клеток грибов *Trichoderma viride* («Бинал экстра», Ж - Рег. номер: 101-02-3361-1 до 31.10.2031 г.);
- на основе клеток бактерий *Bacillus subtilis* («Пралин экстра», Ж - Рег. номер: 101-02-4366-1 до 16.01.2034 г.);
- на основе клеток бактерий *Pseudomonas fluorescens* («Витариз экстра», Ж – Рег. номер: 101-19-4437-1 до 27.02.2034 г.).

Использование данных препаратов комплексом позволяет сформировать в субстрате необходимый микробный ценоз. Последовательное действие микроорганизмов, входящих в состав препаратов, препаративная форма позволяют сохранить защитный эффект в течение 1-3 месяцев. Органические вещества, входящие в состав почти всех препаратов, блокируют фитопатогенные свойства микроорганизмов, находящихся в прикорневой зоне растений, что позволяет сохранить целостность растительных тканей и не допустить проникновение и распространение инфекции [9].

Микробиологические препараты пятикратно вносили комплексом под вегетирующие растения через систему капельного полива с дозирующими инжекторами. Препараты вносили в баки растворного узла и подавали к растениям с питательным раствором через дозирующие инжекторы капельного полива. Первое внесение комплекса проводили до высадки рассады в производственное отделение теплицы, в момент первой запитки матов. Последующие внесения комплекса проводили с тридцатидневными интервалами на протяжении всего периода выращивания растений. Состав и нормы расхода препаратов на гектар приведены в таблице 1.

Таблица 1. Нормы расхода и состав используемых биопрепаратов
Table.1 Consumption rates and composition of biological products used

Препарат	трихохит, сп	витариз экстра, ж	пралин экстра, ж	бинал экстра, ж	витамин огурец	тетрис, сп
Норма расхода на 1 га	150 г/1 упаковка	1 л	5 л	5 л	200 г/1 упаковка	150 г/1 упаковка
Норма расхода препарата на 1 м ² за одно внесение	15 мг	0,2 мл	1 мл	1 мл	40 мг	30 мг

При проведении исследований показатели фактической продуктивности определяли на 12 фиксированных в каждом варианте опыта растениях в течении всего периода вегетации: средняя масса плода (г); количество плодов (шт.); диаметр плода (см); продуктивности (кг/растение); урожайности (т/га).

Учет урожайности и продуктивности проводили при каждом сборе весовым методом, определяли стандартную и нестандартную продукцию, а также количество собранных плодов [13].

Сухое вещество определяли по методу определения сухих веществ или влаги [ГОСТ 28561-90, 2011]. Для взвешивания образцов использовали электронные аналитические весы марки AND GR-200. Метод состоит в высушивании пробы продукта в сушильном шкафу при температуре 750С.

Содержание нитратов в огурцах (мг/кг) определяли по методам [ГОСТ 29270-95, 2010]. Метод основан на экстракции нитратов, восстановлении их до нитритов на кадмиевой колонке с последующим фотометрированием раствора азотсоединения, образующегося при взаимодействии нитритов с ароматическими аминами.

Содержание суммы сахаров определяют с помощью рефрактометра (0 grix). Найденное значение выражают в единицах массовой доли сахарозы в водном растворе сахарозы, имеющем в заданных условиях такой же показатель преломления, как и анализируемый раствор [ГОСТ Р51433-99, 2008].

Результаты выражали в виде средних значений и анализировали с использованием двухстороннего (двухфакторного) дисперсионного анализа ("ANOVA").

Результаты и обсуждение

Выявлено достоверное положительное влияние комплекса на накопление сырой биомассы вегетативными органами (листьями и побегами) огурца у всех изучаемых гибридов. Максимальное увеличение сырой биомассы на 60,87 г в листе и на 50,56 г в побеге отмечено у гибрида Svyatogor F₁ при сравнении контроля и варианта с микробиологическими препаратами. Сходное увеличение сырой биомассы в листе отмечалось у гибридов огурца Valigora F₁ на 26,74 г и Mewa F₁ – 27,27 г, содержание сырой биомассы стебля у них увеличилось на 44,46 г и 12,28 г соответственно в сравнении с их контрольными вариантами. У гибрида огурца Lohengrin F₁ сырая биомасса листа увеличилась на 47,80 г и биомасса побега на 24,48 г в сравнении с контрольным вариантом.

Такая же тенденция к увеличению сырой биомассы при оценке влияния комплекса микробиологических препаратов была отмечена и в плодах огурца. В сравнении с контрольными вариантами сырая биомасса плодов увеличилась у длинноплодного гибрида огурца Lohengrin F₁ на 41,75 г, у среднеплодных гибридов Svyatogor F₁ и Mewa F₁ на 39,58 г и 44,95 г и у гибрида огурца Valigora F₁ сырое вещество увеличилось на 21,74 г (табл. 2).

Таблица 2. Влияние комплекса микробиологических препаратов на накопление и распределение сырой биомассы огурца, (среднее за два оборота выращивания в 2021-2022 годах)
Table 2. Effect of a complex of microbiological preparations on the accumulation and distribution of raw cucumber biomass, (average for two turns of cultivation in 2021-2022)

Гибрид	Листья		Стебель		Плоды	
	г/растение	% от целого растения	г/растение	% от целого растения	г/растение	% от целого растения
Контроль						
F ₁ Mewa	401,76	36,13	110,75	9,96	599,45	53,91
F ₁ Valigora	452,78	50,01	159,78	17,65	292,87	32,35
F ₁ Svyatogor	421,11	38,48	124,43	11,37	548,92	50,15
F ₁ Lohengrin	456,19	35,18	159,19	12,28	681,28	52,54
Микробиологические препараты						
F ₁ Mewa	429,03	36,02	123,03	9,96	639,03	53,91
F ₁ Valigora	479,52	46,94	204,24	17,65	337,82	32,35
F ₁ Svyatogor	481,98	39,26	174,99	11,37	570,66	50,15
F ₁ Lohengrin	503,99	35,73	183,67	12,28	723,03	52,54
HCP ₀₅ A	1,21		2,13		1,01	
HCP ₀₅ B	1,11		1,21		1,11	
HCP ₀₅ AB	1,21		1,01		2,12	

В ранее проводимых исследованиях с микробиологическими препаратами [14] на сельскохозяйственных растениях, указывается, что культуры, обработанные микробиологическими препаратами, способны эффективно удерживать воду, что может влиять на увеличение свежей биомассы и объясняет увеличение сырой биомассы и в наших исследованиях.

Микроорганизмы входящие в состав комплекса позволили увеличить не только сырую биомассу, но и содержание сухого вещества как в вегетативных органах, так и в плодах гибридов огурца. Максимальное влияние микробиологических препаратов на накопление сухого вещества в листьях отмечено у гибрида огурца Svyatogor F₁, содержание сухого вещества у данного гибрида увеличилось на 0,90 г. Достоверное увеличение сухого вещества в листьях наблюдается и у среднеплодного гибрида Mewa F₁ на 0,71 г в сравнении с контролем, у гибридов Lohengrin F₁ и Valigora F₁ разница с контрольным вариантом составила 0,37 г и 0,29 г. Максимальное накопление сухого вещества в побегах при использовании комплекса у среднеплодного гибрида Mewa F₁ и длинноплодного Lohengrin F₁, разница с контролем у них составляла 1,34 г и 1,72 г (табл. 3).

При оценке накопления сухого вещества плодами гибридов огурца при применении микробиологических препаратов выявлено, что несмотря на то, что короткоплодный гибрид Valigora F₁ отличался наименьшей прибавкой сырой биомассы при использовании препаратов, прибавка сухого вещества при использовании комплекса у него была максимальной в сравнении с остальными вариантами – 1,68 г. Высокой прибавкой сухого вещества в плодах при использовании микробиологических препаратов характеризовался и гибрид Mewa F₁ – 1,52 г. Минимальная прибавка сухого вещества к контрольному варианту при применении препа-

ратов в плодах отмечена у гибридов Svyatogor F₁ (1,18 г) и Lohengrin F₁ (1,29 г).

Значительное увеличение сухой биомассы почти во всех надземных органах растений изучаемых гибридов огурца могут являться результатом выработки бактериальными штаммами входящими в состав комплекса фитогормонов, таких как индол-3-уксусная кислота (IAA, 3-IAA), гибберелиновых кислот, которые усиливает боковое ветвление и образование корневых волосков, и как следствие увеличивают усвоение питательных веществ корневой системой, способствуя росту растений [8, 15, 16].

У всех изучаемых гибридов во вариантах с применением комплекса увеличивается среднее количество плодов на одно растение, но так как плодовая нагрузка показатель регулируемый, разница с контрольными вариантами не существенна. Достоверная разница наблюдается в увеличении общего количества собранных плодов за период выращивания. Максимальное количество плодов за выращивание было собрано у короткоплодного огурца Valigora F₁ – 119,75 шт во варианте с микробиологическими препаратами, что на 8 шт больше контроля. У длинноплодных гибридов Mewa F₁ и Lohengrin F₁ и среднеплодного гибрида Svyatogor F₁, разница с контролем составила 3 шт.

Увеличение продуктивности у изучаемых гибридов в наших исследованиях происходит главным образом за счет увеличения среднего веса плодов. У среднеплодного гибрида Mewa F₁ и длинноплодного Lohengrin F₁ при использовании микробиологических препаратов средняя масса товарного плода в сравнении с их контрольными вариантами достоверно увеличивается на максимальные значения у Mewa F₁ – на 21,03 г и Lohengrin F₁ – на 19,02 г, у гибридов Valigora F₁ и Svyatogor F₁, масса плодов увеличилась на 7,72 г и 13,41 г соответственно.

Таблица 3. Влияние комплекса микробиологических препаратов на накопление и распределение сухой массы огурца, (среднее за два оборота выращивания в 2021-2022 год)
Table 3. The effect of a complex of microbiological preparations on the accumulation and distribution of cucumber dry weight, (average for two turns of cultivation in 2021-2022)

Гибрид	Листья		Стебель		Плоды	
	г/растение	% от целого растения	г/растение	% от целого растения	г/растение	% от целого растения
Контроль						
F ₁ Mewa	33,41±1,34	48,90	20,23±0,21	29,61	14,69±0,34	21,50
F ₁ Valigora	40,98±4,86	51,29	21,77±0,21	27,33	17,03±3,09	21,37
F ₁ Svyatogor	35,22±0,97	47,67	23,04±1,12	31,18	15,63±0,32	21,15
F ₁ Lohengrin	32,61±1,01	50,91	18,40±0,21	28,72	13,05±0,58	20,37
Микробиологические препараты						
F ₁ Mewa	34,12±1,23	47,45	21,57±0,23	30,00	16,21±0,32	22,55
F ₁ Valigora	41,27±1,94	50,12	22,37±0,67	27,16	18,71±1,25	22,72
F ₁ Svyatogor	36,12±1,23	46,88	24,12±0,37	31,30	16,81±0,63	21,82
F ₁ Lohengrin	32,98±0,43	48,90	20,12±0,47	29,83	14,34±0,51	21,26
HCP ₀₅ A	1,16		2,17		1,35	
HCP ₀₅ B	1,50		1,12		1,16	
HCP ₀₅ AB	2,06		1,32		2,01	

Таблица 4. Влияние комплекса микробиологических препаратов на структуру урожая растений огурца, среднее 2021-2022 годы
Table 4. Effect of a complex of microbiological preparations on the structure of cucumber crop, average 2021-2022

Гибрид	Средний диаметр плода, мм	Общее количество плодов на растении, шт	Количество собранных плодов за весь период выращивания, шт	Средний вес плода, г	Продуктивность растений огурца, кг/растение
Контроль					
F ₁ Mewa	42,58	10,12	107,75	347,62	3,51
F ₁ Valigora	34,15	12,46	112,08	100,51	1,39
F ₁ Svyatogor	42,92	11,79	110,68	234,86	2,77
F ₁ Lohengrin	40,69	9,37	109,27	331,36	3,10
Микробиологические препараты					
F ₁ Mewa	43,01	10,32	110,50	368,65	3,80
F ₁ Valigora	34,94	13,96	119,75	108,23	1,67
F ₁ Svyatogor	43,14	12,29	114,11	248,27	3,05
F ₁ Lohengrin	41,42	9,91	112,36	350,38	3,41
HCP ₀₅ A	1,81	1,13	0,22	16,27	0,14
HCP ₀₅ B	1,25	0,23	2,36	9,54	0,24
HCP ₀₅ AB	0,16	1,11	0,96	18,47	1,23

В проведенных исследованиях увеличилась не только средняя масса плодов, но и их средний диаметр. У гибрида огурца Mewa F₁ средний диаметр увеличился на 0,43 мм, у Lohengrin F₁ на 0,73 мм, у Svyatogor F₁ на 0,22 мм, и у Valigora F₁ – 0,79 мм (Табл. 4).

Увеличение количественных показателей, таких как средний диаметр, средняя масса плода, общее

количество плодов на растение приводит к существенному увеличению итоговой урожайности у изучаемых гибридов. В результате проведенных исследований выявлен самый урожайный гибрид Mewa F₁, его итоговая урожайность составила 74,8 кг/м² в варианте с микробиологическими препаратами. Самым отзывчивым на внесение микробиологиче-

Таблица 5. Влияние комплекса микробиологических удобрений на урожайность гибридов огурца (среднее за 2021-2022 годы)
Table 5. Effect of the complex of microbiological fertilizers on the yield of cucumber hybrids (average 2021-2022)

Гибрид	Итоговая урожайность, кг/м²		+ к контролю		Выход стандартной продукции, %
	общая	стандарт	кг/м²	%	
Контроль					
F ₁ Mewa	70,2	66,1	-	-	94,2
F ₁ Valigora	31,0	25,4	-	-	81,9
F ₁ Svyatogor	47,9	43,3	-	-	90,5
F ₁ Lohengrin	67,7	61,7	-	-	91,1
Микробиологические препараты					
F ₁ Mewa	74,8	72,5	4,6	6,6	96,9
F ₁ Valigora	35,1	31,0	4,1	13,2	88,3
F ₁ Svyatogor	52,5	49,5	4,6	9,6	94,3
F ₁ Lohengrin	73,2	70,3	5,5	8,1	96,0
НСП ₀₅ A	14,5	-	-	-	-
НСП ₀₅ B	11,2	-	-	-	-
НСП ₀₅ AB	9,9	-	-	-	-

Таблица 6. Влияние микробиологических препаратов на биохимический состав плодов огурца
Table 6. Effect of microbiological preparations on the biochemical composition of cucumber fruits, average 2021-2022

Гибрид	Нитраты, мг/кг сырого веса плода	Сахара, %
Контроль		
F ₁ Mewa	211,02	2,63
F ₁ Valigora	273,70	2,64
F ₁ Svyatogor	231,30	2,61
F ₁ Lohengrin	251,13	2,59
Микробиологические препараты		
F ₁ Mewa	171,95	2,64
F ₁ Valigora	243,13	2,67
F ₁ Svyatogor	201,10	2,62
F ₁ Lohengrin	214,67	2,60
HCP ₀₅ A	15,42	0,02
HCP ₀₅ B	30,16	0,02
HCP ₀₅ AB	20,13	0,02

ских препаратов оказался гибрид Lohengrin F₁, у данного гибрида зафиксирована максимальная прибавка урожайности в сравнении с контрольным вариантом 5,5 кг/м². У остальных гибридов урожайность достоверно увеличивалась от 4,1 до 4,6 кг/м² в зависимости от гибрида.

Микробиологические препараты оказали положительное воздействие не только на урожай гибридов огурца, но и на товарность плодов, которая выражается деформации плодов, изменении окраски. Несмотря на то, что гибрид огурца Valigora F₁ характеризовался самым низким выходом стандартной продукции (81% в контроле), в сравнении с вариантами опыта других гибридов, он же оказался самым отзывчивым на внесение микробиологических препаратов, значение стандарта у данного гибрида увеличилось на максимальный процент - 6,4%. У остальных гибридов доля стандарта в сравнении с их контрольными вариантами увеличивается на 2,7% у гибрида огурца Mewa F₁, 3,8% у Svyatogor F₁ и 4,9% у гибрида Lohengrin F₁ (табл. 5).

Определяя пригодность овощеводческой продукции для питания людей важно оценить ее по содержанию нитратов [17, 18]. Самым высоким содержанием нитратов от сырого веса плодов во всех вариантах опытов характеризовались гибриды Lohengrin F₁ и Valigora F₁, меньше в сравнении с ними нитратов содержалось в плодах гибридов Mewa F₁ и Svyatogor F₁. При использовании микробиологических препаратов нитратная нагрузка у всех гибридов снижается. Все гибриды почти одинаково реагируют на внесение комплекса микробиологических препаратов, содержание нитратов снижается в зависимости от варианта опыта от 30,20 мг/кг до 39,07 мг/кг в сравнении с контролем. Механизм, с помощью которого, микро-

биологические препараты снижают содержание нитратов в плодах еще до конца не изучен, одной из причин снижения нитратов в субстрате может быть поглощение и преобразование нитрата бактериями рода *Bacillus* или *Pseudomonas* в растительную биомассу посредством солиubilизации фосфатов, синтеза ИУК кислоты и других механизмов [3, 19]. Вне зависимости от используемого комплекса микробиологических препаратов уровень ПДК в исследованиях не превышал предельно допустимые значения, не более 400 мг/кг для огурцов защищенного грунта [9].

Средние значения содержания сахара в плодах огурца у всех гибридов выше при использовании микробиологических препаратов, но при математической обработке результатов, существенного влияния комплекса на увеличение процента сахара в плодах не выявлено (табл. 6).

Заключение

Семикратная обработка растений огурца комплексом микробиологических препаратов позволила существенно увеличить количество сырой и сухой биомассы в органах всех изучаемых гибридов.

Кроме этого, отмечен положительный эффект микроорганизмов на выход товарной продукции и итоговой урожайности. У всех гибридов общая урожайность увеличилась от 4,1 до 5,5 кг/м² в сравнении контрольными вариантами. Доля стандарта в общей структуре урожая заметней всего выросла у короткоплодного гибрида огурца Valigora F₁, разница с контролем составила 6,4%.

Установлено, что комплекс микробиологических препаратов способен снижать содержание нитратов в плодах огурца на 30,20-39,07 мг/кг в зависимости от гибрида.

• Литература

1. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Подунова Л.Г. Гигиена и экология человека : учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по группе специальностей "Здравоохранение". Москва : Академия, 2012. (Среднее профессиональное образование. Здравоохранение). ISBN 978-5-7695-8108-3. <https://elibrary.ru/qmbmiz>
2. Hassan S.M., Ashour M., Sakai N., Zhang L., Hassanien H. A., Gaber A., Ammar G. Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agriculture*. 2021;11(4):320. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040320>
<https://elibrary.ru/etqqkz>
3. Бочарова М.А., Терехова В.И., Аниськина Т.С. Влияние микробиологических препаратов на процессы роста и развития, урожайность и качество урожая огурца в условиях зимних промышленных теплиц. *Вестник КрасГАУ*. 2024;2(203):100-110. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-100-110>
<https://elibrary.ru/fuetuc>
4. Коломиец Э.И., Купцов В.Н., Сверчкова Н.В., Евсегнеева Н.В., Мандрик-Литвинкович М.Н., Мишин Л.Т., Рапопорт А.И., Хрусталева Г. М. Бактерии *Pseudomonas aurantiaca* БИМ В-446 - основа биопрепарата «Экогрин» для защиты овощных и зеленных культур от болезней в условиях малообъемной гидропоники. *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. Минск: Беларус. навука*, 2012. Т.4. С. 98-107.
5. Селиванова М.В., Проскурников Ю.П., Лобанкова О.Ю., Есаулко А.Н. Регулирование питания огурца в условиях защищенного грунта. *Вестник АПК Ставрополья*. 2011;4(4):14-17. <https://elibrary.ru/owpuwv>
6. Jiang F., Chen L., Belimov A.A., Shaposhnikov A.I., Gong F., Meng X., Hartung W., Jeschke D.W., Davies W.J., Dodd I.C. Multiple impacts of the plant growth-promoting rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2 on nutrient and ABA relations of *Pisum sativum*. *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(18):6421-6430. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers301>
<https://elibrary.ru/rglert>
7. Mežaka I., Kronberga A., Berga M., Kaļāne L., Pastare L., Skudriņš G., Nakurte I. Biochemical and Physiological Responses of *Cucumis sativus* L. to Application of Potential Bioinsecticides —Aqueous *Carum carvi* L. Seed Distillation By-Product Based Extracts. *Agriculture*. 2023;13(5):1019. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051019>
<https://elibrary.ru/etqqkz>
8. Singh Ch., Kumari G., Lalita [et al.] Remediation of Saline Soils Using Halo-Tolerant Plant Growth Promoting *Rhizobacteria*. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2024;14(6):24-35. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i64208>
<https://elibrary.ru/zepoma>
9. Бочарова М.А., Терехова В.И., Аниськина Т.С. Оценка влияния комплекса биопрепаратов на рост, развитие и урожайность огурца в условиях светокультуры. *Овощи России*. 2023;(5):73-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-73-78>
<https://elibrary.ru/oplmgp>
10. Kuzyakov Y., Razavi B.S. Rhizosphere size and shape: Temporal dynamics and spatial stationarity. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019;(135):343-360. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.05.011>
<https://elibrary.ru/vsloet>
11. Войтка Д.В., Янковская Е.Н., Федорович М.В. [и др.] Стимулирующий эффект микробиологического активатора корнеобразования при выращивании овощных культур. *Защита растений*. 2021;(45):236-244. <https://doi.org/10.47612/0135-3705-2021-45-236-244>
<https://elibrary.ru/scconw>
12. Парамонова Н.Ю., Ситников А.В., Шарова Л.Г. [и др.] Актуальные вопросы обеспечения экологической безопасности при гидропонном выращивании плодов томатов. Вавиловские чтения - 2021 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 134-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 24–25 ноября 2021 года. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. С. 170-173. <https://elibrary.ru/wvdpgl>
13. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М: Изд-во НУ Всерос. Науч.-исслед. Ин-т овощеводства. 2011.
14. Nikonchuk N., Samoilenko M. The Influence of Biopreparations on the Growth and Development of Tomatoes under Biological Cultivation. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2024;25(8):37-46. <https://doi.org/10.12912/27197050/189236>
<https://elibrary.ru/mkxrwa>
15. Rubin R.L., Hungate B.A., Van Groenigen K.J. Plant growth promoting Rhizobacteria are more effective under drought: a meta-analysis. *Plant and Soil*. 2017;416(1-2):309-323. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3199-8>
<https://elibrary.ru/ygghel>
16. Khatoon Z., Huang S., Rafique M. [et al.]Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *Journal of Environmental Management*. 2020;(273):111118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111118>
<https://elibrary.ru/tpgrxy>
17. Kotsiras A., Olympios C.M., Drosopoulos J., Passam H.C. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Scientia Horticulturae*. 2002;95(3):175-183. <https://elibrary.ru/bbcvcr>
18. Воробьев М.В., Дыйканова М.Е., Бочарова М.А. Способы борьбы и мониторинга табачного трипса на огурце F₁ Мева в условиях тепличного комбината ООО «Луховицкие овощи». Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты : материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 08 февраля 2023 года. Том Часть 1. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 264-267. <https://elibrary.ru/erxuxe>
19. Limanska N., Ivanytsia T., Basiul O. [et al.] Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013;35(5):1587-1595. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1200-y>
<https://elibrary.ru/xncryf>

• References

1. Pivovarov Yu.P., Korolik V.V., Podunova L.G. Hygiene and human ecology: a textbook for students of educational institutions of secondary vocational education studying in the group of specialties "Healthcare". Moscow : Academy, 2012. – (Secondary vocational education. Healthcare). ISBN 978-5-7695-8108-3. (in Russ.) <https://elibrary.ru/qmbmiz>

2. Hassan S.M., Ashour M., Sakai N., Zhang L., Hassanien H. A., Gaber A., Ammar G. Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agriculture*. 2021;11(4):320. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040320>
<https://elibrary.ru/etqqkz>
3. Bocharova M., Terekhova V., Aniskina T. Microbiological preparations influence on growth and development processes, yield and quality of cucumber harvest in winter industrial greenhouses. *Bulletin of KSAU*. 2024;2(203):100-110. (in Russ.)
<https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-100-110>
<https://elibrary.ru/fuetuc>
4. Kolomiets E.I. [et al.] *Pseudomonas aurantiaca* bacteria BIM B-446 - the basis of the biopreparation "Ecogrin" for the protection of vegetable and green crops from diseases in conditions of low-volume hydroponics. Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects: c6. scientific tr. - Minsk: Belarus. Navuka, 2012. Vol. 4. P. 98-107. (in Russ.)
5. Selivanova M.V., Proskurnikov Yu.P., Lobankova O.Yu., Yesaulko A.N. Regulation of cucumber nutrition in conditions of protected soil. *Agricultural bulletin of Stavropol Region*. 2011;4(4):14-17. (in Russ.)
<https://elibrary.ru/owpuwv>
6. Jiang F., Chen L., Belimov A.A., Shaposhnikov A.I., Gong F., Meng X., Hartung W., Jeschke D.W., Davies W.J., Dodd I.C. Multiple impacts of the plant growth-promoting rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2 on nutrient and ABA relations of *Pisum sativum*. *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(18):6421-6430.
<https://doi.org/10.1093/jxb/ers301>
<https://elibrary.ru/rglert>
7. Mežaka I., Kronberga A., Berga M., Kaļāne L., Pastare L., Skudriņš G., Nakurte I. Biochemical and Physiological Responses of *Cucumis sativus* L. to Application of Potential Bioinsecticides —Aqueous *Carum carvi* L. Seed Distillation By-Product Based Extracts. *Agriculture*. 2023;13(5):1019. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051019>
<https://elibrary.ru/etqqkz>
8. Singh Ch., Kumari G., Lalita [et al.] Remediation of Saline Soils Using Halo-Tolerant Plant Growth Promoting *Rhizobacteria*. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2024;14(6):24-35.
<https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i64208>
<https://elibrary.ru/zepoma>
9. Bocharova M.A., Terekhova V.I., Aniskina T.S. Assessment of the effect of a complex of biological products on the growth, development and yield of cucumber in light culture. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(5):73-78. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-73-78>
<https://elibrary.ru/oplmgp>
10. Kuzyakov Y., Razavi B.S. Rhizosphere size and shape: Temporal dynamics and spatial stationarity. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019;(135):343-360. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.05.011> <https://elibrary.ru/vsloet>
11. Voitka D.V., Yankovskaya E.N., Fedorovich M.V. [et al.] Stimulating effect of microbiological activator of root formation in the cultivation of vegetable crops. *Plant protection*. 2021;(45):236-244.
<https://doi.org/10.47612/0135-3705-2021-45-236-244>
<https://elibrary.ru/scconw>
12. Paramonova N.Y., Sitnikov A.V., Sharova L.G. [et al.] Topical issues of ensuring environmental safety in hydroponic cultivation of tomato fruits. Vavilov readings - 2021 : Collection of articles of the International scientific and practical conference dedicated to the 134th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov, Saratov, November 24-25, 2021. Saratov: Amirit Limited Liability Company, 2022. P. 170-173. (in Russ.) <https://elibrary.ru/wvdpgl>
13. Litvinov S. S. The methodology of experimental business in vegetable growing and melon growing. Moscow: Publishing House NU Vseros. Scientific research. 2011. (in Russ.)
14. Nikonchuk N., Samoilenko M. The Influence of Biopreparations on the Growth and Development of Tomatoes under Biological Cultivation. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2024;25(8):37-46.
<https://doi.org/10.12912/27197050/189236>
<https://elibrary.ru/mkxrwa>
15. Rubin R.L., Hungate B.A., Van Groenigen K.J. Plant growth promoting *Rhizobacteria* are more effective under drought: a meta-analysis. *Plant and Soil*. 2017;416(1-2):309-323.
<https://doi.org/10.1007/s11104-017-3199-8>
<https://elibrary.ru/ygghel>
16. Khatoon Z., Huang S., Rafique M. [et al.] Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *Journal of Environmental Management*. 2020;(273):111118.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111118>
<https://elibrary.ru/tpgrxy>
17. Kotsiras A., Olympios C.M., Drosopoulos J., Passam H.C. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Scientia Horticulturae*. 2002;95(3):175-183. <https://elibrary.ru/bbcvcr>
18. Vorobyov M.V., Dyikanova M.E., Bocharova M.A. Methods of control and monitoring of tobacco thrips on cucumber F₁ Meva in the conditions of the greenhouse complex LLC "Lukhovitsky vegetables". Actual problems of agricultural science: applied and research aspects : materials of the III All-Russian (national) Scientific and Practical Conference, Nalchik, February 08, 2023. Volume Part 1. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University, 2023. P. 264-267. (in Russ.) <https://elibrary.ru/erxuxe>
19. Limanska N., Ivanytsia T., Basiul O. [et al.] Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013;35(5):1587-1595. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1200-y>
<https://elibrary.ru/xncryf>

Об авторах:

Мария Алексеевна Боcharова – ассистент кафедры овощеводства, SPIN-код: 7600-4810, <https://orcid.org/0000-0002-6422-2767>, автор для переписки, bocharova@rgau-msha.ru

Вера Ивановна Терехова – кандидат с-х. наук, доцент кафедры овощеводства, SPIN-код: 2985-1970, <https://orcid.org/0000-0001-8867-6539>, v_terekhova@rgau-msha.ru

About the Authors:

Maria A. Bocharova – Assistant of the Department of Vegetable Growing, SPIN-code: 7600-4810, <https://orcid.org/0000-0002-6422-2767>, Corresponding Author, bocharova@rgau-msha.ru

Vera I. Terekhova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Vegetable Growing, SPIN-code: 2985-1970, <https://orcid.org/0000-0001-8867-6539>, v_terekhova@rgau-msha.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-52-57>
УДК: 635.652.2-02(571.1)

О.В. Паркина, О.Е. Якубенко, Н.Т. Нгуен*

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

*Автор для переписки:

namthanhdhv@gmail.com

Вклад авторов: О.В. Паркина: концептуализация, редактирование рукописи, научное руководство исследованием. О.Е. Якубенко: концептуализация, разработка методологии исследования. Н.Т. Нгуен: написание-проведение исследования и редактирование рукописи.

Для цитирования: Паркина О.В., Якубенко О.Е., Нгуен Н.Т. Адаптивная способность и экологическая стабильность некоторых сортов фасоли в условиях западной лесостепи Приобья. *Овощи России*. 2024;(6):52-57.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-52-57>

Поступила в редакцию: 18.03.2024

Принята к печати: 18.09.2024

Опубликована: 29.11.2024

Oksana V. Parkina,
Olga E. Yakubenko, Nam T. Nguyen*

Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
Novosibirsk State Agrarian University
Dobrolyubov str., 160, Novosibirsk,
Russia, 630039

*Correspondence Author:

namthanhdhv@gmail.com

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

Authors' Contribution: O.V. Parkina: conceptualization, editing of the manuscript, scientific supervision of the study. O.E. Yakubenko: conceptualization, development of the research methodology. N.T. Nguyen: writing and conducting the study and editing of the manuscript.

For citation: Parkina O.V., Yakubenko O.E., Nguyen N.T. Adaptive capacity and ecological stability of some bean varieties in the conditions of the western forest-steppe of the Priobie region. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):52-57. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-52-57>

Received: 18.03.2024

Accepted for publication: 18.09.2024

Published: 29.11.2024

Адаптивная способность и экологическая стабильность некоторых сортов фасоли в условиях западной лесостепи Приобья

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Продуктивность сельскохозяйственных культур определяется генотипом, влиянием окружающей среды и их взаимодействием. Комплексная оценка сортов сельскохозяйственных культур на основе их адаптивности, пластичности и стабильности позволяет отобрать наиболее перспективные, высокоурожайные и адаптированные к различным условиям окружающей среды сорта для повышения продуктивности.

Материал и методика. Четырнадцать сортов фасоли были испытаны в рандомизированной схеме с тремя повторениями в течение двух лет (2022 и 2023 гг.) на опытном поле «Сад Мичуринцев» Новосибирского государственного аграрного университета. Учитывали признаки продуктивности: число и масса бобов с растения, масса 1000 семян, урожайность. Целью работы являлась оценка образцов фасоли на адаптивность способности и экологическая стабильность в условиях лесостепи Приобья.

Результаты. В статье проведена оценка адаптивности и устойчивости сортов фасоли с целью выявления высокоурожайных сортов, адаптированных к климатическим и агротехническим условиям Сибирского региона. Результаты испытаний показали, что наибольшую среднюю урожайность имели сорта Рубин, Красно пестрая и Золотистая и Мухранула в пределах 0.41 – 0.64 кг/м². Анализ взаимодействия генотипа и среды (GxE) по математической модели Eberhart и Russel показывает, что сорта Рубин, Красно пестрая, Золотистая и Мухранула имеют высокие показатели общей адаптивности и селекционной ценности генотипа, среди них сорта Рубин и Золотистая обладают стабильной продуктивностью и высокой адаптивностью к условиям среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

фасоль обыкновенная, урожайность, сортоиспытание, генотип, среда

Adaptive capacity and ecological stability of some bean varieties in the conditions of the western forest-steppe of the Priobie region

ABSTRACT

Relevance. Crop productivity is determined by genotype, environmental effects and their interactions. Comprehensive evaluation of crop varieties based on their adaptability, plasticity and stability makes it possible to select the most promising varieties, high-yielding and adapted to many environmental conditions to improve productivity.

Materials and Methods. Fourteen common bean varieties were tested in a randomized complete block design with three replications during two years (2022 and 2023) in the experimental field “Michurintsev Garden” of Novosibirsk State Agrarian University. Productivity traits were taken into account: number and weight of beans per plant, weight of 1000 seeds, yield. The purpose of the work was to evaluate bean samples for adaptive capacity and ecological stability in the conditions of the forest-steppe Priobie.

Results. The article provides an assessment of the adaptability and stability of bean varieties in order to identify varieties with high productivity and adapted to climatic and farming conditions in the Siberian region. The results of the tests showed that the highest average net yields of Rubin, Krasno-pestraya, Zolotistaya and Muhranula varieties were in the range of 0.41–0.64 kg/m². Analysis of genotype-environment interaction (GxE) according to the mathematical model of Eberhart and Russel shows that varieties Rubin, Krasno-pestraya, Zolotistaya and Muhranula have high indices of general adaptability and breeding value of genotype. Among them, varieties Rubin and Zolotistaya have stable productivity and high adaptability to environmental conditions.

KEYWORDS:

Common bean, yield, varieties, genotype, environment

1. Введение

Фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.) была одомашнена около 8000 лет назад в Америке и сегодня является одним из основных продуктов питания во всем мире. Среди пяти одомашненных разновидностей фасоли (*P. vulgaris*, *P. dumosus* Macfad, *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray и *P. lunatus* L.) фасоль *P. vulgaris* занимает более 90% посевных площадей в мире и также является наиболее широко потребляемой бобовой культурой. Помимо обеспечения энергией, необходимыми витаминами и микроэлементами, спаржевая фасоль также имеет большую экономическую и экологическую ценность благодаря способности фиксировать азот, поэтому в процессе выращивания потребление химических удобрений сокращается – ключ к гигиене и безопасности пищевых продуктов и устойчивому развитию сельского хозяйства [1].

По мнению ученых, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в основном зависит от качества семян, удобрений и агротехники, при этом семена считаются ведущей движущей силой повышения урожайности и объема производства [2]. В настоящее время в ассортименте зернобобовых культур распространены сорта высоко- и среднеадаптивные, характеризующиеся высокой устойчивостью к изменениям среды, но не всегда отличающиеся высокой урожайностью [3]. Главным условием для создания высококачественного сорта является сочетание в нем экологической пластичности и продуктивности. При этом большое внимание уделяется параметрам, оказывающим влияние на потенциальную продуктивность сорта [4].

Оценка стабильности и адаптивности сортов в разных экологических регионах будет способствовать повышению продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур [5]. На основе анализа взаимодействия генотипа и окружающей среды (G x E) было выявлено множество сортов растений с высокой стабильностью и адаптивностью, например, исследования гороха, сои, ярового ячменя и фасоли обыкновенной [6-9].

Целью данного исследования является оценка адаптивности и стабильности сорта фасоли в условиях западной лесостепи Приобья как научной основы для выведения сорта в производство, способствующая

повышению продуктивности и выхода продукции фасоли для Сибирского региона.

2. Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили 14 сортообразцов различного эколого-географического происхождения с кустовым типом роста. Стандартный сорт – Солнышко, совместной селекции СибНИИРС и Новосибирского ГАУ.

При проведении фенологических наблюдений руководствовались «Методическими указаниями по коллекции мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение» [10]. Морфологическое описание растений проводили по «Методическим указаниям по изучению образцов мировой коллекции фасоли» [11].

Эффективный метод по оценке адаптивности генотипов разработан А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой (1985). Согласно методу «...адаптивную оценку образцов на реакцию сортов характеризуют два показателя: общая адаптивная способность (ОАС), показывающая среднее значение признака в отличающихся условиях выращивания и специфическая адаптивная способность (δ САС) – отклонение от ОАС в изучаемой среде...» [12]. На основе изученных данных выведен комплексный показатель – селекционная ценность генотипа (СЦГ), благодаря которому появляется возможность выделить генотипы, сочетающие средовую устойчивость и стабильно высокую продуктивность. Показатель экологической пластичности рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell [13], подробно описанной в работе О.С. Корзун и А.С. Бруйло [14].

3. Результаты исследований и обсуждение

Эксперименты проводили в 2022-2023 годах (срок посева – конец мая, сбор – начало сентября) на опытном поле Новосибирского ГАУ "Сад Мичуринцев". Погодные условия в разные вегетационные периоды сильно различались. В течение 2022 года погода довольно сухая по сравнению со средними многолетними значениями, с небольшим средним количеством осадков (от 2,5 до 58,8 мм) и средней дневной и ночной температурой, колеблющейся от 11 до 19°C, тогда как 2023 год был более влажным в июле–августе (62,3 мм и 112,3 мм соответственно) и более теплым в течение всего сезона.

Таблица 1. Дисперсионный анализ изучаемых признаков
Table 1. Analysis of variance of the studied features

Компоненты дисперсии	Средние квадраты			
	число бобов на растении (шт.)	масса боба (г)	масса 1000 семян (г)	фактическая урожайность (кг/м ²)
Среды (А)	505.28*	1.15	398,01*	0.57*
Генотипы (В)	6296.19*	4.28**	8635,49*	0.72*
Взаимодействие генотип x среда (А x В)	9.39*	0.51	1319,39*	0.24*
Случайное	0.34	0.33	6.83	0.01

Примечание: *достоверно при $P \leq 0,01$; **достоверно при $P \leq 0,05$

Во время проведения эксперимента средняя температура имела тенденцию к постепенному повышению с мая по июль и постепенному снижению в последующие месяцы. Температура в июне и июле была ниже в 2022 году (17,3°C и 18,9°C соответственно) по сравнению с 2023 годом (19,0°C и 21,6°C соответственно).

2023 год характеризовался теплым весенне-летним периодом с повышенным количеством осадков, что оказывало благоприятное влияние на появление всходов и развитие растений, во II декаде июня температура превышала среднее многолетнее значение в 6°C, что привело к формированию высокого урожая.

В целом агроклиматические условия во время проведения эксперимента в 2023 году были более благоприятны для роста и развития фасоли, чем в 2022 году.

ся общей адаптивной способностью. Варианса специфической адаптивной способности у изученных образцов колебалась от 0,17 (Красно пестрая Н4) до 15,68 (Оран). Показатель относительная стабильность генотипа изменялся в пределах от 1,63 (Красно пестрая Н4) до 61,59 (Мухранула), лучшими по этому параметру были сортообразцы Красно пестрая Н4 и Синель Никовская.

В результате анализа по признаку «Число бобов на растении» были отмечены следующие сортообразцы, которые проявили высокую общую адаптивную способность и селекционную ценность генотипа: Синель Никовская (ОАС=25,54, СЦГ=36,57), Неруса (ОАС=20,46, СЦГ=16,81) и Bomba (ОАС=2,24, СЦГ=13,16).

Таблица 2. Показатели адаптивной способности и стабильности по числу бобов на растении
Table 2. Indicators of adaptive capacity and stability by number of beans per plant

№	Образец	\bar{X}_i , шт.	ОАС _i	δСАС _i	Sgi	bi	СЦГ _i
1	Рубин-ст.	12.07	-6.06	2.35	19.48	0.52	7.00
2	Brunot	10.90	-7.24	1.25	11.49	0.28	8.20
3	Синель Никовская	42.67	24.54	2.83	6.64	0.63	36.57
4	Бичанка пестрая	14.33	-3.80	2.36	16.46	-0.53	9.25
5	Bomba	20.37	2.24	3.35	16.43	0.74	13.16
6	Canario	13.67	-4.47	4.05	29.62	0.90	4.94
7	Оран	27.49	9.36	15.68	57.04	3.48	-6.30
8	Мухранула	17.28	-0.86	10.64	61.59	2.36	-5.65
9	Красно пестрая	11.15	-6.99	4.73	42.41	1.05	0.96
10	Золотистая	18.31	0.18	5.52	30.17	1.23	6.41
11	Неруса	38.59	20.46	10.11	26.19	2.25	16.81
12	Красно пестрая Н4	10.58	-7.55	0.17	1.63	0.06	10.21
13	Vernoorl	9.88	-8.25	3.32	33.62	0.74	2.72
14	Stringless	6.57	-11.56	1.22	18.51	0.27	3.95

Примечание: \bar{X}_i - среднее значение генотипа; ОАС_i - Общая адаптивная способность; δСАС_i - варианса специфической адаптивной способности; Sgi - относительная стабильность; bi - коэффициент регрессии; СЦГ_i - селекционная ценность генотипа

Для установления существенности вкладов генотипов, сред и взаимодействия между ними в фенотипическую изменчивость признаков применяли двухфакторный дисперсионный анализ, который позволил выявить достоверные различия между генотипами и средами по всем изучаемым признакам на 1 и 5% уровнях значимости (табл. 1)

В фенотипическую изменчивость числа бобов на растении, массы боба, массы 1000 семян и фактической урожайности в значительной степени вносят вклад средовые эффекты (средние квадраты сред превосходят средние квадраты генотипов).

В таблицах 2–4 представлены основные показатели адаптивной способности и стабильности 14 сортов фасоли. Одним из важных элементов продуктивности культуры является число бобов на растении. Признак находится под влиянием как генотипа сорта, так и почвенно-климатических условий [4].

Проведенный генетико-статистический анализ (табл. 2) показал, что сорта Синель Никовская (24,54), Неруса (20,46), Оран (9,36) и Bomba (2,24) по признаку «Число бобов на растении» выделяют-

Среднее значение генотипа по признаку «масса 1000 семян» варьировало от 210,68 (Неруса) до 673,88 (Красно пестрая) (табл. 3). Сорта Рубин, Бичанка пестрая и Vernoorl характеризовались высокими показателями общей адаптивной способности (41,53–112,06), селекционной ценностью генотипа (178,83–373,03) и являлись пластичными формами с коэффициентом регрессии $b_i > 1$, т. е. масса семян у них увеличивалась при улучшении условий выращивания. Однако, учитывая результаты дисперсионного анализа изучаемых признаков, у большинства образцов фенотипическое проявление масса 1000 семян в большей степени зависит не от среды, а от генотипа.

По признаку фактической урожайности, среднее значение генотипа сортов варьировало от 0,18 (Stringless) до 0,64 кг/м² (Мухранула), в среднем составила 0,38 кг/м² (табл. 4)

Наибольшей общей адаптивной способностью (ОАС_i) обладают сорта Мухранула, Bomba и Оран с соответствующими значениями 0,64; 0,48 и 0,45.

По величине урожайности и общей адаптивной способности выделены пять сортов, три из которых (Рубин, Красно пестрая и Золотистая) – стабильные

Таблица 3. Показатели адаптивной способности и стабильности по массе 1000 семян
Table 3. Indicators of adaptive capacity and stability in 1000 seed weight

№	Образец	\bar{X}_i , г	OAC_i	δCAC_i	S_{gi}	b_i	CCG_i
1	Рубин - стандарт	534.21	112.06	61.99	11.60	1.64	263.85
2	Brunot	511.71	89.56	233.33	45.60	6.19	-505.92
3	Синель Никовская	227.03	-195.12	9.21	4.06	0.25	186.87
4	Бичанка пестрая	478.38	56.23	68.68	14.36	1.82	178.83
5	Bomba	341.18	-80.97	48.60	14.24	1.29	129.23
6	Canario	411.05	-11.10	63.91	15.55	1.70	132.32
7	Оран	261.30	-160.85	38.80	14.85	1.03	92.09
8	Мухранула	474.20	52.05	67.80	14.30	-1.80	178.51
9	Красно пестрая	673.88	251.74	6.78	1.01	-0.18	644.31
10	Золотистая	461.96	39.81	61.07	13.22	1.62	195.62
11	Неруса	210.68	-211.47	10.99	5.22	0.29	162.75
12	Красно пестрая Н4	490.73	68.58	61.26	12.48	-1.63	223.54
13	Vernoorl	463.68	41.53	20.78	4.48	0.55	373.03
14	Stringless	370.10	-52.05	46.16	12.47	1.22	168.80

Примечание: \bar{X}_i - среднее значение генотипа; OAC_i - общая адаптивная способность; δCAC_i - вариация специфической адаптивной способности; S_{gi} - относительная стабильность; b_i - коэффициент регрессии; CCG_i - селекционная ценность генотипа

формы ($b_i=0,28-1,17$), два сорта (Мухранула и Bomba) – пластичные ($b_i=1,69-1,85$) с положительной реакцией на улучшение условий среды. Эти же образцы обладали высокой селекционной ценностью генотипа.

Выявленные закономерности связей между урожайностью и показателями стабильности следует

учитывать при общей оценке адаптивности генотипов. Существует значительная положительная корреляция между селекционной ценностью генотипа (CCG_i), средней урожайностью (\bar{X}_i) и общей адаптивностью (OAC_i) с коэффициентом корреляции 0,63 (табл. 5).

Таблица 4. Показатели адаптивной способности и стабильности по урожайности
Table 4. Indicators of adaptive capacity and yield stability

№	Образец	\bar{X}_i , кг/м ²	OAC_i	δCAC_i	S_{gi}	b_i	CCG_i
1	Рубин - стандарт	0.41	0.03	0.18	44.00	1.17	0.15
2	Brunot	0.39	0.02	0.12	31.42	0.81	0.21
3	Синель Никовская	0.32	-0.06	0.18	57.84	1.20	0.05
4	Бичанка пестрая	0.36	-0.02	0.24	66.80	1.58	0.01
5	Bomba	0.48	0.10	0.28	58.94	1.85	0.07
6	Canario	0.19	-0.18	0.02	10.73	0.14	0.16
7	Оран	0.45	0.08	0.32	70.65	2.10	-0.01
8	Мухранула	0.64	0.27	0.26	40.26	1.69	0.27
9	Красно пестрая	0.44	0.06	0.04	9.57	0.28	0.38
10	Золотистая	0.44	0.06	0.16	35.56	1.02	0.21
11	Неруса	0.33	-0.05	0.11	34.60	0.74	0.16
12	Красно пестрая Н4	0.33	-0.04	0.02	5.76	0.13	0.31
13	Vernoorl	0.31	-0.07	0.12	37.58	0.76	0.14
14	Stringless	0.18	-0.20	0.08	45.80	0.54	0.06

Примечание: \bar{X}_i - среднее значение генотипа; OAC_i - общая адаптивная способность; δCAC_i - вариация специфической адаптивной способности; S_{gi} - относительная стабильность; b_i - коэффициент регрессии; CCG_i - селекционная ценность генотипа.

Таблица 5. Коэффициент корреляции между средней урожайностью и индексами адаптивности, пластичности и стабильности
 Table 5. Correlation coefficient between average yield and indices of adaptability, plasticity and stability

Индекс	X_i	OAC_i	δCAC_i	Sg_i	bi	$СЦГ_i$
X_i	1.00	1.00	0.63	0.22	0.63	0.26
OAC_i	1.00	1.00	0.63	0.22	0.63	0.26
δCAC_i	0.63	0.63	1.00	0.88	0.99	-0.59
Sg_i	0.22	0.22	0.88	1.00	0.87	-0.86
bi	0.63	0.63	0.99	0.87	1.00	-0.59
$СЦГ_i$	0.26	0.26	-0.59	-0.86	-0.59	1.00

Примечание: X_i - среднее значение урожайности; OAC_i - общая адаптивная способность; δCAC_i - вариация специфической адаптивной способности; Sg_i - относительная стабильность; bi - коэффициент регрессии; $СЦГ_i$ - селекционная ценность генотипа.

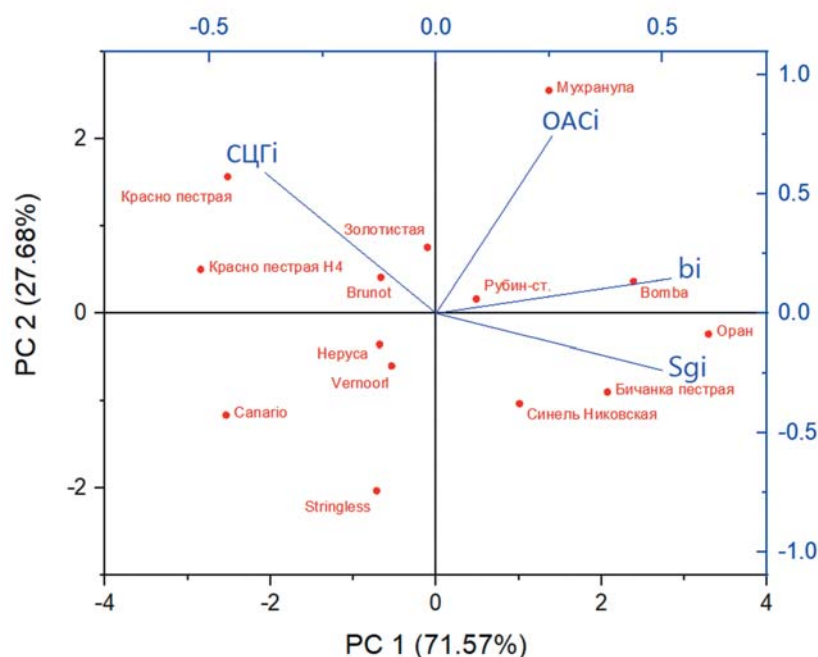


Рис. 1. Мировая дублетная коллекция картофеля в поле и в хранилище
 Fig. 1. World doublet collection of potatoes in the field and during storage

График анализа главных компонент PCA на основе параметров адаптивной способности и стабильности по урожайности с 99,25% общей вариации, распределенной как 71,57% и 27,68% суммы квадратов между главными компонентами PC1 и PC2, соответственно (рис. 1).

Закключение

Результаты оценки адаптивности и стабильности 16 образцов фасоли показывают, что сорта коллекции Новосибирского ГАУ достаточно разнообразны по степени реакции на изменение условий выращивания. Это согласуется с результатами предыдущих исследований многих ученых [15-17].

По величине урожайности и общей адаптивной способности выделены пять сортов, три из которых (Рубин, Красно пестрая и Золотистая) – стабильные формы ($bi=0,28-1,17$), два сорта (Мухранула и Bomba) – пластичные ($bi=1,69-1,85$) с положительной реакцией на улучшение условий среды. Эти же образцы обладали высокой селекционной ценностью генотипа.

Корреляция между селекционной ценностью генотипа ($СЦГ$) и параметрами OAC_i , δCAC_i , Sg_i и bi составляет 0,26; -0,53; -0,66 и -0,53, соответственно. В то время как параметры δCAC_i , Sg_i и bi тесно коррелируют друг с другом с коэффициентами корреляции 0,87; 0,88; и 0,89, соответственно. Это показывает, что большинство индексов δCAC_i , Sg_i и bi в основном оценивают стабильность сорта и имеют отрицательную корреляцию с селекционной ценностью генотипа ($СЦГ$).

Сорта Рубин, Красно пестрая, Золотистая и Мухранула имеют высокие показатели общей адаптивности и селекционной ценности генотипа, поэтому их относят к высокоадаптивным сортам и рекомендуют включать в селекционные программы в качестве исходного материала для создания сортов фасоли, адаптированных к условиям западной лесостепи Приобья.

• Литература

1. Castro-Guerrero N.A., Isidra-Arellano M.C., Mendoza-Cozatl D.G., Valdés-López O. Common Bean: A Legume Model on the Rise for Unraveling Responses and Adaptations to Iron, Zinc and Phosphate Deficiencies. *Frontiers in Plant Science*. 2016;(7):600. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00600>
2. Hoa V.D. Curriculum on plant variety selection. Agricultural university Hanoi publishing company, 2005. pp.172.
3. Паркина О.В., Якубенко О.Е., Ван Ч., Нгуен Н.Т. Оценка сортов фасоли обыкновенной на адаптивность и продуктивность в условиях лесостепи Приобья. *Вестник НГАУ*. 2023;4(69):86-95. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-86-95> <https://elibrary.ru/ojafpz>
4. Якубенко О.Е., Паркина О.В., Попова К.И., Колупаев Д.А. Оценка адаптивной способности и стабильности сибирского генофонда фасоли овощной. *Овощи России*. 2020;(1):35-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-35-41> <https://elibrary.ru/wubdwh>
5. Acquaah G. Principles of Plant Genetics and Breeding. John Wiley & Sons, Ltd. 2012. 659 pp.
6. Василенко А.А., Солонечный П.Н., Понуренко С.Г. Оценка селекционного материала гороха (*Pisum sativum* L.) в различных системах расчетов. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(2):191-195. <https://elibrary.ru/lfmofz>
7. Белявская Л.Г., Белявский Ю.В., Дянова А.А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018;4(28):42-48. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11048> <https://elibrary.ru/vouuxu>
8. Куркова И.В., Фокин С.А. Оценка адаптивной способности и экологической пластичности сортов и сортообразцов ярового ячменя амурской селекции. *Вестник КрасГАУ*. 2018;2(137):16-21. <https://elibrary.ru/ywlufr>
9. Molosiwa O.O., Pharudi J., Seketeme S., Mashiqi P., Chirwa R. Assessing yield stability and adaptability of Andean common bean genotypes in the semi-arid environment of Botswana. *African Journal of Agricultural Research*. 2019;14(32):1593-1600. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.13988>
10. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Янков И.И., Булынтцев С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, 2018. 143 с. <https://doi.org/10.30901/978-5-905954-79-5> <https://elibrary.ru/yzcxnz>
11. Методические указания по изучению образцов мировой коллекции фасоли. СПб, 1987. 60 с.
12. Моисеева М.О., Никонович Т.В., Пугачева И.Г., Добродькин М.М., Кильчевский А.В. Адаптивная способность и экологическая стабильность гибридов перца сладкого. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014;(4):91-95. <https://elibrary.ru/zghxyt>
13. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966;(6):36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
14. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. Гродно: ГТАУ, 2011. 140 с. ISBN 978-985-6784-96-8. <https://elibrary.ru/uhbent>
15. Якубенко О.Е., Паркина О.В., Ван Ч., Нгуен Н. Оценка сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*) на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья. *Овощи России*. 2023;(2):35-40. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40> <https://elibrary.ru/rifaws>
16. Тютюма Н.В., Павленко А.В., Бондаренко А.Н. Адаптивность различных сортов фасоли обыкновенной к условиям Астраханской области. *Новые технологии*. 2023;19(2):120-127.
17. Кравченко Р.В., Мусаев Ф.Б.О., Скорина В.В., Литовкин А.А., Паркина О.В. Элементы адаптивного семеноводства фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*). *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012;(79):443-454. <https://elibrary.ru/oyxgqv>

Об авторах:

Оксана Валерьевна Паркина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, SPIN-код: 3497-9701, <https://orcid.org/0000-0003-2009-5927>, parkinaoksana@yandex.ru

Ольга Евгеньевна Якубенко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, SPIN-код: 2503-1376, <https://orcid.org/0000-0002-2879-8793>, o.e.yakubenko@yandex.ru

Нам Тхань Нгуен – аспирант, <https://orcid.org/0009-0006-7929-1016>, автор для переписки, namthanhdhv@gmail.com

• References

1. Castro-Guerrero N.A., Isidra-Arellano M.C., Mendoza-Cozatl D.G., Valdés-López O. Common Bean: A Legume Model on the Rise for Unraveling Responses and Adaptations to Iron, Zinc and Phosphate Deficiencies. *Frontiers in Plant Science*. 2016;(7):600. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00600>
2. Hoa V.D. Curriculum on plant variety selection. Agricultural university Hanoi publishing company, 2005. pp.172.
3. Parkina O.V., Yakubenko O.E., Wang Zh., Nguyen N.T. Assessment of common bean varieties for adaptability and productivity in the forest-steppe conditions of the Priobye. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023;4(69):86-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-86-95> <https://elibrary.ru/ojafpz>
4. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Popova K.I., Kolupaev D.A. Evaluation of the adaptive ability and stability of the Siberian bean vegetable gene pool. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(1):35-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-35-41> <https://elibrary.ru/wubdwh>
5. Acquaah G. Principles of Plant Genetics and Breeding. John Wiley & Sons, Ltd. 2012. 659 pp.
6. Vasilenko A.A., Solonechny P.N., Ponurenko S.G. Evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) breeding material in various calculation systems. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019;(2):191-195. (In Russ.) <https://elibrary.ru/lfmofz>
7. Bilyavska L.G., Belyavskiy Y.V., Diyanova A.A. Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties. *Legumes and great crops*. 2018;4(28):42-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11048> <https://elibrary.ru/vouuxu>
8. Kurkova I.V., Fokin S.A. The assessment of adaptive capacity and ecological plasticity of varieties and samples of varieties of spring barley of Amur selection. *Bulletin of KSAU*. 2018;2(137):16-21. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ywlufr>
9. Molosiwa O.O., Pharudi J., Seketeme S., Mashiqi P., Chirwa R. Assessing yield stability and adaptability of Andean common bean genotypes in the semi-arid environment of Botswana. *African Journal of Agricultural Research*. 2019;14(32):1593-1600. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.13988>
10. Vishniyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulynitsev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying. Saint Petersburg, 2018. 143 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/978-5-905954-79-5> <https://elibrary.ru/yzcxnz>
11. Methodological guidelines for studying samples of the world bean collection. St. Petersburg, 1987. 60 p. (In Russ.)
12. Moiseeva M.O., Nikonovich T.V., Pugacheva I.G., Dobrodskiy M.M., Kilchevsky A.V. Adaptive capacity and ecological stability of sweet pepper hybrids. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2014;(4):91-95. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zghxyt>
13. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966;(6):36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
14. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptive features of selection and seed production of agricultural plants: manual. Grodno: GGAU, 2011. 140 p. ISBN 978-985-6784-96-8. (In Russ.) <https://elibrary.ru/uhbent>
15. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Wang Zh., Nguyen N. Evaluation of green beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties for adaptability and noble-forming ability in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):35-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40> <https://elibrary.ru/rifaws>
16. Tyutyuma N.V., Pavlenko A.V., Bondarenko A.N. Adaptability of different varieties of common beans to the conditions of the Astrakhan region. *New technologies*. 2023;19(2):120-127. (In Russ.)
17. Kravchenko R.V., Musayev F.B.O., Skorina V.V., Litovkin A.A., Parkina O.V. Elements of adaptive seed growing of bean (*Phaseolus vulgaris*). *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2012;(79):443-454. (In Russ.) <https://elibrary.ru/oyxgqv>

About the Authors:

Oksana V. Parkina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, SPIN-code: 3497-9701, <https://orcid.org/0000-0003-2009-5927>, parkinaoksana@yandex.ru

Olga E. Yakubenko – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, SPIN-code: 2503-1376, <https://orcid.org/0000-0002-2879-8793>, o.e.yakubenko@yandex.ru

Nam T. Nguyen – Graduate Student, Correspondence Author, namthanhdhv@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-58-62>
УДК: 635.646:631.531.04(470.46)

М.Ш. Гаплаев, С.Л. Нечаева*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (ФГБНУ «Чеченский НИИСХ») 366021, Россия, Чеченская Республика, Грозненский район, пос. Гикало, ул. Ленина, д. 1

*Автор для переписки:

svetlananecaeva847@gmail.com

Вклад авторов: Гаплаев М.Ш.: анализ полученных результатов, подготовка черновика рукописи, научное руководство исследованием. Нечаева С.Л.: работа с литературой, подготовка материалов для статьи, проведение полевых опытов по оценке баклажана, сбор и обработка первичных научных данных

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Гаплаев М.Ш., Нечаева С.Л. Факторы, повышающие продуктивность баклажана при выращивании безрассадным способом в орошаемых условиях Астраханской области. *Овощи России*. 2024;(6):58-62. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-58-62>

Поступила в редакцию: 23.09.2024

Принята к печати: 05.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Magomed Sh. Gaplaev, Svetlana L. Nechaeva*

Federal State Budgetary Scientific Institution «Chechen Research Institute of Agriculture» («Chechen Research Institute of Agriculture») 1, Lenina str. Gikalo settlement, Groznensky district, Chechen Republic, Russia, 366021

*Correspondence Author:

svetlananecaeva847@gmail.com

Authors' contribution: Gaplaev M.Sh.: analyses of the results obtained, preparation of the draft manuscript, scientific guidance of the study. Nechaeva S.L.: work with literature, preparation of materials for the article, conducting field experiments on evaluation of aubergine, collection and processing of primary scientific data.

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

For citation: Gaplaev M.Sh., Nechaeva S.L. Factors increasing productivity of aubergine under seedless cultivation in irrigated conditions of Astrakhan region. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):58-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-58-62>

Received: 23.09.2024

Accepted for publication: 05.11.2024

Published: 29.11.2024

Факторы, повышающие продуктивность баклажана при выращивании безрассадным способом в орошаемых условиях Астраханской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для увеличения урожая баклажана был изучен ряд агротехнических приемов. В условиях Астраханской области одним из приемов является выращивание баклажана безрассадным способом, при котором очень важен подбор адаптированных для данных условий сортов, подходящих по продолжительности вегетационного периода. Выращивание баклажана безрассадным способом, в сравнении с рассадным, позволяет исключить материально-технические затраты на выращивание рассады. Для повышения продуктивности выбранных сортов, важным агротехническим приемом является применение регуляторов роста растений, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и оказывающих стимулирующее влияние на рост и развитие растений.

Материал и методика. В условиях Астраханской области на аллювиально-луговых, среднесуглинистых по гранулометрическому составу почвах были проведены исследования по выявлению сортов, наиболее приспособленных к данным природно-климатическим условиям и дающим наибольшую урожайность при выращивании безрассадным способом. Во втором опыте на безрассадном баклажане изучали влияние регуляторов роста на продуктивность растений с применением препаратов – Мелафен, ВР, Гибберсид, П, Биодукс, Ж, Эпин экстра, Р.

Результаты. На капельном орошении в условиях Астраханской области при выращивании безрассадным способом изучались сортовые особенности 6 сортов баклажана с плодами цилиндрической формы, индекс плода 4,3-4,4. Среди исследуемых сортов по основным показателям продуктивности выделились Алмаз и Алексеевский, сформировавшие по 6,2-6,6 штук плодов на растении со средней массой 220,7-223,5 г, что обеспечило формирование урожайности 42,3-45,8 т/га. Применение регуляторов роста растений Мелафен, ВР и Эпин Экстра, Р на сорте Алексеевский при безрассадном способе выращивания способствовало дружному появлению всходов, активировало ростовые процессы; количество боковых побегов увеличилось на 1,3-1,5 шт., сырая надземная масса растений была больше на 29,1-34,0 г, общая урожайность повысилась на 27,1-34,5%, по сравнению с контролем. Выявлены сорта, наиболее подходящие для выращивания безрассадным способом и показавшие наибольшую урожайность – Алексеевский, Алмаз. Установлено, что применение регуляторов роста ускорило развитие растений, увеличивало высоту главного стебля и количество боковых побегов, массу и количество плодов на растении, что отразилось на продуктивности растений. Применение регулятора роста Эпин экстра, Р позволило получить урожайность 52,2 т/га, что на 34,5% превышало урожайность в контроле.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

баклажан, сорта, регуляторы роста, индекс плода, урожайность.



Factors increasing productivity of aubergine under seedless cultivation in irrigated conditions of Astrakhan region

ABSTRACT

Relevance. To increase the yield of aubergine, a number of agrotechnical methods have been studied. In the conditions of the Astrakhan region, one of the methods is the cultivation of aubergine without seedlings, in which it is very important to select varieties adapted to these conditions, suitable for the duration of the growing season. Cultivation of aubergine without seedling method, in comparison with seedling method, allows to exclude material and technical costs for growing seedlings. To increase the productivity of selected varieties, an important agronomic technique is the use of plant growth regulators that increase plant resistance to unfavourable environmental factors and have a stimulating effect on plant growth and development.

Material and methodology. In conditions of Astrakhan region on alluvial-meadow, medium-loamy soils with granulometric composition were carried out studies to identify varieties that are best adapted to these natural-climatic conditions and give the highest yields in seedless cultivation. In the second experiment on seedless aubergine the effect of growth regulators on plant productivity was studied using preparations – Melafen, BP, Gibbersid, P, Biodux, Zh, Epin extra, R.

Results. On drip irrigation in conditions of Astrakhan region under cultivation by seedless method were studied varietal characteristics of 6 varieties of aubergine with fruits of cylindrical shape, fruit index 4,3-4,4. Among the varieties studied, Almaz and Alekseevsky stood out by the main productivity indicators, forming 6.2-6.6 pieces of fruit per plant with an average weight of 220.7-223.5 g, which provided the formation of yield 42.3-45.8 tonnes/ha. The use of plant growth regulators Melafen, BP and Epin Extra, P on the variety Alekseevsky at the seedless method of cultivation promoted the friendly appearance of shoots, activated growth processes; the number of lateral shoots increased by 1.3-1.5 pieces, the raw above-ground weight of plants was greater by 29.1-34.0 g, the total yield increased by 27.1-34.5%, compared with the control. The varieties most suitable for growing by seedless method and showing the highest yield were identified – Alekseevsky, Almaz. It was found that the use of growth regulators accelerated plant development, increased the height of the main stem and the number of lateral shoots, weight and number of fruits on the plant, which was reflected in plant productivity. Application of growth regulator Epin extra, P allowed to obtain a yield of 52.2 t/ha, which was 34.5% higher than the yield of the control.

KEYWORDS:

aubergine, varieties, growth regulators, fruit index, yield.

Введение

Важным составляющим элементом в обеспечении населения продовольствием являются овощи, так как они являются незаменимым источником ряда полезных веществ: минеральных солей, витаминов, органических кислот и легко усвояемых углеводов [1,2]. Одним из излюбленных овощей является баклажан. Он ценится за высокие вкусовые качества, высокое содержание важных для человека витаминов: аскорбиновой кислоты, никотиновой кислоты (витамин РР), тиамина (витамин В1), рутина – витамин, укрепляющий стенки кровеносных сосудов, а также кальция, железа, калия и др. Помимо того, что баклажаны обладают рядом полезных питательных качеств, их также ценят за возможность использования плодов для приготовления разнообразных кулинарных и консервных продуктов: сотэ, икры, жаренных, маринованных, соленных [3,4]. Производство баклажан сосредоточено преимущественно в южных регионах России, так как данная культура требовательна к теплу. По данным ряда исследований наиболее оптимальная температура для роста и развития баклажана 23-30°C [5]. Растения баклажана требуют много света для формирования хорошего урожая [6,7]. В производственных условиях Астраханской области широко применяются сорта с плодами многоцелевого использования, с преимущественным выращиванием рассадным способом.

Природно-климатические условия Астраханской области являются благоприятными для возделывания баклажана и в безрассадной культуре, обеспечивая получение высокого и качественного урожая [8,9,10]. Для этого необходимо выбирать сорта, наиболее адаптированные к данным климатическим условиям и подходящие по продолжительности вегетационного периода, что позволяет исключить материально-технические затраты на выращивание рассады [11,12,13,14]. Для повышения продуктивности растений баклажана важным агротехническим приемом является применение регуляторов роста растений, которые в небольших количествах смягчают влияние негативных факторов окружающей среды и оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие растений, а в конечном итоге, на продуктивность [15,16,17,18,19].

Цель исследования: 1. Выявление сортов баклажана, наиболее адаптированных к природно-климатическим условиям Астраханской области для выращивания безрассадным способом. 2. Изучение влияния регуляторов роста растений на продуктивность баклажана, выращиваемого безрассадным способом при капельном орошении.

Методика исследования

Исследования проводили в Камызякском районе Астраханской области в 2022-2024 годах, на опытном поле ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». Почва опытного участка, где проводились исследования, аллювиально-луговая, темноцветная, по гранулометрическому составу среднесуглинистая. Реакция среды в пахотном слое близкая к нейтральной pH 7,2. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 2,18%, обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая – 69,8 мг/кг, подвижными формами фосфора средняя – 74,6 мг/кг, обменного калия – 223,6 мг/кг. Посев семян в открытый грунт был проведен в оптимальные календарные сроки 17 мая, когда почва прогрелась до 11-13°C и опасность возвратных заморозков миновала. Опытное поле расположено в полупустынной зоне с жарким и сухим летом и неустойчивой, относительно теплой зимой. К неблагоприятным факторам в период вегетации относятся высокие температуры и недостаток увлажнения. За вегетационный период сумма активных температур выше 10 °C превышает 3500 °C, сумма осадков достигает 280 мм. Погодные условия в период проведения опытов характеризовались как типичные для региона с летними температурами выше +30°C и недостатком осадков. Продолжительность периодов засухи составляла 15–20 дней, когда относительная влажность воздуха была ниже 20%. Повторность в опыте трехкратная, площадь опытных делянок – 25 м², площадь учетных делянок – 12 м². Защитные мероприятия включали обработку растений химическими препаратами от основных вредителей и болезней характерных для данной культуры. Для защиты от хлопковой совки на баклажане проведены 2 обработки препаратом Проклейм, ВДГ – 0,4 кг/га; и 1 обработка препаратом Карате Зеон, МКС – 0,4 л/га. Расход рабочего раствора 300,0 л/га. Против колорадского жука была проведена трехкратная обработка растений баклажана препаратом Актара, ВДГ, 0,1 кг/га, расход рабочего раствора 300 л/га.

Для фертигации и орошения растений применялась система капельного полива с поливной нормой 50 м³/га. Перед уборкой средняя густота стояния баклажана составляла 35,7 тыс. шт./га. Уборка проводилась вручную, в несколько приемов по мере достижения технической спелости плодов баклажана. При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками полевого опыта [21].

Объектом исследования в опыте 1 являлись 6 сортов баклажана с плодами цилиндрической формы – Черный цилиндр, Алмаз, Астраком, Алексеевский,

Схема опыта 2

Вариант
1. Без удобрений (контроль)
2. Мелафен, ВР – предпосевная обработка семян- 2 мл/кг, расход рабочей жидкости – 2 л/кг. Опрыскивание в фазу начала цветения- 10 мл/га, расход рабочей жидкости 300 л/га
3. Гибберсиб, П – опрыскивание в фазах начала бутонизации и начала цветения – 30 г/га, расход рабочей жидкости 300 л/га
4. Биодукс, Ж – замачивание семян на 1 час. 0,2 мл/кг, расход рабочей жидкости 2 л/кг. Опрыскивание в фазе начала цветения, затем 2 опрыскивания с интервалом 10 дней – 3,5 мл/га, расход рабочей жидкости 400 л/га
5. Эпин экстра, Р – замачивание семян перед посевом на 3 часа-0,2 мл/кг, расход рабочей жидкости 1 л/кг. Опрыскивание в фазах начала бутонизации и начала цветения – 30 мл/га, расход рабочей жидкости 300 л/га

Нижеволжский, Универсал-6. За стандарт принят сорт Нижеволжский. Выращивали баклажан безрассадным способом с посевом семян в открытый грунт в первой декаде мая при средней норме высева 340 г/га, с шириной междурядий 1,4 м. В опыте 2 в качестве объекта исследования для изучения влияния регуляторов роста был выбран районированный среднеспелый сорт Нижеволжский. Форма плода – цилиндрическая, окраска плода – темно-фиолетовая, мякоть белая, характеризуется хорошими вкусовыми качествами без горечи, обладает уникальными вкусовыми качествами, в том числе для консервной продукции. Сроки и нормы применения регуляторов роста взяты согласно рекомендациям.

Мелафен, ВР – производитель Казанский научный центр РАН. Регистрант ООО «НПО Биохимсервис». Действующее вещество: меламинавая соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты. Обладает широким спектром действия в малых и сверхмалых дозах, повышает ростовые и формообразовательные процессы растений, способствует повышению урожайности. производитель Казанский научный центр РАН, Регистрант ООО «НПО Биохимсервис».

Гибберсиб, П – производитель Сиббиофарм. Регистрант ООО ПО «Сиббиофарм». Состав: гибберелиновая кислота и соли натрия. Фитогормон, увеличивает количество и стойкость завязей, повышает урожайность и качество плодов, ускоряет созревание и повышает стойкость растений к негативным внешним факторам и различным заболеваниям.

Биодукс, Ж – производитель Органик парк. Регистрант ООО «Органик парк». Состав: комплекс биологически активных полиненасыщенных жирных кислот гриба *Mortierella alpine*. Является многоцелевым регулятором роста растений с иммуностимулирующими свойствами.

Эпин экстра, Р – производитель НЭСТ М. Состав: 0,025 г/л 24-эпибрасинолид. Регулятор и адаптоген широкого спектра действия, обладает антистрессовым действием, обеспечивает ускорение прорастания семян, созревание и увеличение урожайности, стимулирует плодово- и корнеообразование, повышает устойчивость растений к различным стрессовым факторам.

Результаты исследований и их обсуждение

Количество плодов на растении, средняя масса плода, а в конечном итоге, урожайность, зависят от наследственных признаков данного сорта. Анализ морфологических признаков плодов разных сортов баклажана проводился при достижении ими технической спелости. Средняя масса плодов у исследуемых сортов варьировала от 157,6 г (Нижеволжский) до 223,5 г (Алексеевский).

Плоды баклажана, в зависимости от показателя индекса, можно разделить на группы по виду назначения. В исследуемых сортах показатель индекса плода находился в интервале от 3,6 до 4,6 – такие плоды пригодны для производства сотэ. По количеству плодов на растении можно выделить сорт Алексеевский (6,8 шт.), наименьший показатель у сорта Астраком (5,6 шт.). Максимальная урожайность была получена на сорте Алексеевский – 45,7 т/га, что на 8,1 т/га превышало контрольный вариант.

В опыте 2 учет всходов, проведенный при массовом их появлении, показал положительное влияние предпосевной обработки семян баклажана растворами регуляторов роста, что отразилось на их полевой всхожести. Наиболее активное появление всходов отмечалось при обработке препаратами Мелафен, ВР (73,4%) и Эпин экстра, Р (75,9%), что превышало аналогичный показатель на контрольном варианте (57,2%) на 16,2-18,7%.

В начальные фазы развития растения баклажана характеризуются медленным ростом. Биометрические измерения растений в фазу 4-6 листьев показали стимулирующее воздействие регуляторов роста на ростовые параметры. На контрольном варианте средняя высота составляла 7,3 см, образовано 4,2 шт. листьев, в то время как с применением регуляторов роста средние показатели превышали контрольные и имели высоту 10,4-10,6 см, количество листьев составляло 4,5-4,9 шт. Наибольший прирост растений в фазу цветения выявлен с обработками регуляторами Эпин экстра, Р и Мелафен, ВР, превышение контроля по высоте составляло 6,7-7,2 см.

Регуляторы роста оказывали положительное влияние на активацию ростовых и формообразовательных процессов, что способствовало увеличению биометрических показателей растений баклажана (табл. 2).

Таблица 1. Описание морфологических признаков сортообразцов баклажана (среднее 2022-2024 годы)
Table 1. Description of morphological traits of aubergine varieties (2022-2024 mean)

Образец	Средняя масса плода, г	Среднее количество плодов на растении, шт.	Индекс плода	Урожайность, т/га
Черный цилиндр	202,2	6,0	4,2	37,7
Алмаз	220,7	6,2	4,3	42,3
Астраком	165,3	5,6	4,1	41,4
Алексеевский	223,5	6,6	4,4	45,8
Нижеволжский (st)	157,6	5,7	4,3	36,8
Универсал-6	170,3	6,4	3,7	39,1
НСР _{0,05}	1,0	0,2	-	1,65

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на биометрические показатели растений баклажана (среднее 2022-2024 годы)
Table 2. Effect of growth regulators on biometric parameters of aubergine plants (2022-2024 mean)

Вариант	Высота главного стебля, см	Кол-во листьев на растении, шт/раст.	Кол-во боковых побегов, шт/раст.	Сырая масса надземной части растения, г
1. Контроль	53,5	26,5	4,6	328,3
2. Мелафен, ВР	55,2	28,3	5,9	357,4
3. Гибберсиб, П	54,1	26,8	4,7	344,4
4. Биодукс, Ж	53,9	26,6	4,5	342,5
5. Эпин экстра, Р	55,7	28,7	6,1	362,3
НСР _{0,05}	1,7	0,6	0,2	2,9

Отмечено положительное влияние используемых в опыте регуляторов роста на рост растений. Наибольшая высота главного стебля наблюдалась у растений баклажана с обработками регуляторами роста Мелафен, ВР (55,2 см) и Эпин экстра, Р (55,7 см). По сравнению с контролем отмечалось увеличение количества листьев на растениях с применением регуляторов роста. В варианте с применением препарата Эпин экстра, Р количество листьев на растении составляло 28,7 шт., что на 2,2 шт., больше, чем в контроле.

г. Наименьшая прибавка массы плода получена в варианте с препаратом Биодукс, Ж со средней массой 221,2 г. Увеличение высоты главного стебля, боковых побегов, массы и количества плодов на растении в вариантах с применением регуляторов роста, в конечном итоге повлияло на общую продуктивность растения. Наибольшая урожайность 52,2 т/га, получена, с применением Эпин экстра, Р, что обеспечило прибавку урожая 34,5 % по сравнению с контролем.

Таблица 3. Влияние регуляторов роста на продуктивность баклажана (среднее 2022-2024 гг.)
Table 3. Effect of growth regulators on productivity of aubergine (2022-2024 mean)

Вариант	Средняя масса плода, г	Кол-во плодов на растении, шт.	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, % к контролю
1. Контроль	201,2	5,9	38,8	-
2. Мелафен, ВР	226,4	6,4	49,3	27,1
3. Гибберсиб, П	221,5	6,1	42,2	8,8
4. Биодукс, Ж	221,2	6,0	41,7	7,5
5. Эпин экстра, Р	228,1	6,8	52,2	34,5
НСР	1,7	0,3	3,4	-

Отмечалось увеличение боковых побегов: Мелафен, ВР (5,9 шт.), Эпин экстра, Р (6,1 шт.), когда на контроле их количество составляло 4,6 шт. Наибольшее увеличение сырой массы надземной части растения наблюдалось на варианте с применением препарата Эпин экстра, Р, превысив контроль на 34,0 г при средней массе 362,3 г.

Баклажаны относятся к многосборовой культуре. Плоды убирала по мере достижения ими технической спелости, когда они достигали размера и цвета, присущего сорту Нижневолжский. Первый выборочный сбор проводили в первой декаде августа, последующие сборы проводились по мере созревания плодов, общее количество составило 5 сборов. По сумме всех проведенных сборов определяли урожайность (табл. 3).

Применение регуляторов роста способствовало увеличению средней массы и количества плодов на растении. Максимальная масса плода наблюдалась на варианте с применением Эпин экстра, Р, где составляла 228,1 г, обеспечив прибавку по отношению контролю 26,9 г., или 11,3%. В контрольном варианте сформирована средняя масса плода 201,2

Заключение

1. В результате проведенных исследований в условиях Астраханской области при выращивании безрассадным способом шести сортов баклажана с цилиндрической формой плодов, были выделены 2 сорта с наибольшими показателями массы плода и средним количеством плодов на растении – Алмаз, Алексеевский, обеспечившие максимальную урожайность 42,3-45,8 т/га.

2. Обработка семян перед посевом и растений баклажана в период вегетации регуляторами роста существенно повышала биометрические показатели: высоту главного стебля, количество листьев и боковых побегов на растении, что повлияло на увеличение сырой массы надземной части в среднем на 14,2-34,0 г (4,3-10,3 %).

3. Применение регуляторов роста растений оказало влияние на увеличение средней массы плода и количества плодов на растении, что способствовало повышению урожайности. Максимальная урожайность получена в варианте с применением препарата Эпин экстра, Р и составила 52,2 т/га, что на 34,5% больше, чем в контроле.

• Литература

1. Лудилов В.А., Иванова М.И. Азбука овощевода. Сер. Полезная книга: от «А» до «Я». М.: 2004. ISBN 5-9555-0311-0. <https://elibrary.ru/qkwohp>
2. Литвинов С.С. Овощеводство России: состояние и перспективы развития. *Картофель и овощи*. 2006;(2):4-6.
3. Кигапшаева О.П., Джабраилова В.Ю., Лаврова Л.П. Инновации в селекции овощных и бахчевых культур. Новые элементы в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в аридной зоне юга России: сб. науч. тр. Астрахань. 2019. С. 71-75.
4. Кигапшаева О.П., Гулин А.В., Каракаджиев А.С. Результаты селекции баклажана в условиях Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023;1(69):201-208. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-01-21> <https://elibrary.ru/rpmpjf>
5. Мамедов М.И., Пышная О.Н., Джос Е.А., Шмыкова Н.А., Супрунова Т.П., Митрофанова О.А., Верба В.М. Баклажан (*Solanum* ssp.). М.: ВНИИССОК. 2015. 264 с. <https://elibrary.ru/ynrgvn>
6. Shahzad Z., Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture. *Curr Opin Plant Biol*. 2017;(39):80-87. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.008>.P7-11
7. Гарьянова Е.Д., Соколов А.С., Гуляева Г.В., Полякова Е.В. Выращивание безрассадного баклажана в Нижнем Поволжье. *Вестник КрасГАУ*. 2020;(10):13-20. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-10-13-20> <https://elibrary.ru/pbtlrs>
8. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Мухортова Т.В. Оценка адаптивности сортов и гибридов сладкого перца и баклажанов в условиях капельного орошения Астраханской области. *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2016;1(26):9-14. <https://elibrary.ru/whmecn>
9. Мухортова Т.В., Бондаренко А.Н., Мягкова Е.Г., Петров Е.Н. Научные и практические основы технологии возделывания баклажанов при капельном орошении. *Вестник Курской государственной академии*. 2018;(8):20-26. <https://elibrary.ru/snzaml>
10. Байрамбеков Ш. Б., Гарьянова Е. Д., Применение регуляторов роста при выращивании баклажана в безрассадной культуре. *Главный агроном*. 2020;(2).
11. Огнев В.В., Гераскина Н.В. Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России. *Картофель и овощи*. 2020;(1):35-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004> <https://elibrary.ru/emddfp>
12. Гераскина Н.В., Огнев В.В. Перспективная селекция баклажан для юга России. *Картофель и овощи*. 2019;(6):35-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.44.16.008> <https://elibrary.ru/guoyph>
13. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К., Белов Г.Л., Барков В.А. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле. *Агрохимия*. 2019;(7):45-51. <https://doi.org/10.1134/S0002188119070135> <https://elibrary.ru/xytvzb>
14. Зеленичкин В.И. Пищевой режим и густота стояния растений баклажана в безрассадной культуре при капельном орошении. Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству. М.: 2009. С. 187-191.
15. Шаповал О.А., Мохарова И.П. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве. *Защита и карантин растений*. 2019;(4):9-14. <https://elibrary.ru/zazqot>
16. Кекало А.Ю. Оценка эффективности регуляторов роста растений на пшенице яровой в условиях засушливого климата Зауралья. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы докладов участников 12-й научно-практической конференции «Сочи-2024». Под ред. С.И. Шкуркина. М.: «ВАШ ФОРМАТ». 2024. С.105-110.
17. Тараненко В.В., Дядюченко Л.В., Муравьев В.С. Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса. *Земледелие*. 2021;(5):32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-5-32-36> <https://elibrary.ru/togoth>
18. Sabry A. Synthetic fertilizers; role and hazards. *Fertil. Technol*. 2015;(1):110-133. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2395.3366>
19. Шкуркин С.И. Современные тенденции развития рынка минеральных удобрений, регуляторов роста и пестицидов. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 11-ой научно-практической конференции «Анапа-2021». М.: ВНИИА. 2021. С. 3-5. <https://elibrary.ru/nsxabf>
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2011. 315 с.

Об авторах:

Магомед Шиблуевич Гаплаев – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, SPIN-код: 5871-2919, gaplaev63@list.ru

Светлана Леонидовна Нецаева – младший научный сотрудник, автор для переписки, svetlananecaeva847@gmail.com

• References

1. Ludilov V.A., Ivanova M.I. ABC of Vegetable Grower. M.: 2004. ISBN 5-9555-0311-0. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qkwohp>
2. Litvinov S.S. Vegetable growing in Russia: state and prospects of development. *Potato and vegetables*. 2006;(2):4-6. (In Russ.)
3. Kigashpaeva O.P., Dzhabrailova V.Y., Lavrova L.P. Innovations in breeding of vegetable and melon crops. New elements in the technology of cultivation of agricultural crops in the arid zone of southern Russia: a collection of scientific papers Astrakhan. 2019. P. 71-75. (In Russ.)
4. Kigashpaeva O. P., Gulina A. V., Karakadzhiev A. C. Results of eggplant breeding in the conditions of the Lower Volga Region. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2023;1(69):201-208. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-01-21> <https://elibrary.ru/rpmpjf>
5. Mamedov M.I., Pyshnaya O.N., Dzhos E.A., Shmykova N.A., Suprunova T.P., Mitrofanova O.A., Verba V.M. Eggplant (*Solanum* ssp.). MOSCOW: VNI-ISSOK. 2015. 264 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ynrgvn>
6. Shahzad Z., Amtmann A. Food for thought: how nutrients regulate root system architecture. *Curr Opin Plant Biol*. 2017;(39):80-87. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.008>.P7-11
7. Garyanova E.D., Sokolov A.S., Gulyaeva S.V., Polyakova E.V. Growing of field-seeded aubergine in the Lower Volga Region. *Bulletin of KSAU*. 2020;(10):13-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-10-13-20> <https://elibrary.ru/pbtlrs>
8. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Mukhortova T.V., Koyka S.A. Evaluation of adaptability of varieties and hybrids of sweet pepper and eggplant grown under drip irrigation in the Astrakhan Region. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2016;1(26):9-14. (In Russ.) <https://elibrary.ru/whmecn>
9. Mukhortova T.V., Bondarenko A.N., Myagkova E.G., Petrov E.N.. Scientific and practical bases of cultivation technology of aubergines under drip irrigation. *Vestnik Kursk state agricultural academy*. 2018;(8):20-26. (In Russ.) <https://elibrary.ru/snzaml>
10. Bayrambekov Sh. B., Garyanova E. D., Application of growth regulators in growing aubergine in seedless culture. *Chief agronomist*. 2020;(2). (In Russ.)
11. Ognev V.V., Geraskina N.V., Source material and prospects of aubergine breeding in the south of Russia. *Potato and Vegetables*. 2020;(1):35-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.22.99.004> <https://elibrary.ru/emddfp>
12. Geraskina N.V., Ognev V.V. Perspective selection of eggplant for the south of Russia. *Potato and Vegetables*. 2019;(6):35-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.44.16.008> <https://elibrary.ru/guoyph>
13. Vasilyeva S.V., Zeyruk V.N., Derevyagina M.K., Belov G.L., Barkov V.A. Efficiency of plant growth regulators application on potato. *Agrohimia*. 2019;(7):45-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0002188119070135> <https://elibrary.ru/xytvzb>
14. Zelenichkin V.I. Nutritional regime and standing density of aubergine plants in seedless culture under drip irrigation. Collection of scientific papers on vegetable and melon growing. M.: 2009. P. 187-191. (In Russ.)
15. Shapoval O.A., Mozharova I.P. Plant growth regulators in agriculture. *Plant protection and quarantine*. 2019;(4):9-14. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zazqot>
16. Kekalo A.Y. Evaluation of the effectiveness of plant growth regulators on spring wheat in the arid climate of the Trans-Urals. Prospects for the use of innovative forms of fertilizers, plant protection products and plant growth regulators in agrotechnologies of agricultural crops: Proceedings of the 12th Scientific and Practical Conference 'Sochi-2024'. 2024. P.105-110. (In Russ.)
17. Taranenko V.V., Dyadyuchenko L.V., Muravyov V.S. Efficiency of new growth regulator for rice plants. *Zemledelie*. 2021;(5):32-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-5-32-36> <https://elibrary.ru/togoth>
18. Sabry A. Synthetic fertilizers; role and hazards. *Fertil. Technol*. 2015;(1):110-133. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2395.3366>
19. Shkurkin S.I. Modern trends in the development of the market of mineral fertilisers, growth regulators and pesticides. Prospects for the use of innovative forms of fertilisers, plant protection products and growth regulators in agrotechnologies of agricultural crops: materials of reports of participants of the 11th scientific-practical conference 'Anapa-2021'. 2021. P.3-5. (In Russ.) <https://elibrary.ru/nsxabf>
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2011. 315 c.

About the Authors:

Magomed Sh. Gaplaev – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, SPIN-code: 5871-2919, gaplaev63@list.ru

Svetlana L. Nechaeva – Junior Researcher, Corresponding Author, svetlananecaeva847@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-63-68>
УДК: 635.649:631.81.095.337(470.46)

М.В. Муканов^{1*}, М.А. Гулин²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН») 416341, Россия, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева» (ФГБОУ ВО «АГУ им. В. Н. Татищева») 414056, Россия, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

*Автор для переписки: mmv4601@yandex.ru

Вклад авторов: М.В. Муканов: руководство исследованием, проведение исследований, визуализация, создание рукописи и ее редактирование; М.А. Гулин: проведение исследования, сбор данных.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Муканов М.В., Гулин М.А. Агроэкономическая оценка эффективности применения регуляторов роста растений и микроудобрений при возделывании перца сладкого на семена в условиях орошения Астраханской области. *Овощи России*. 2024;(6):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-63-68>

Поступила в редакцию: 28.06.2024

Принята к печати: 28.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Mikhail V. Mukanov^{1*}, Maxim A. Gulin²

¹ All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences" 16, st. Lyubich, Kamzyak, Astrakhan region, 416341, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V. N. Tatischev" (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "ASU named after V. N. Tatischev") 20a, st. Tatischeva, Astrakhan, Astrakhan region, 414056, Russia

*Correspondence Author: mmv4601@yandex.ru

Authors' Contribution: M.V. Mukanov: research management, research implementation, visualization, manuscript creation and editing; M.A. Gulin: research implementation, data collection.

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

For citation: Mukanov M.V., Gulin M.A. Agroecological assessment of the effectiveness of the use of plant growth regulators and micronutrients in the cultivation of sweet pepper for seeds in irrigation conditions of the Astrakhan region. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):63-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-63-68>

Received: 28.06.2024

Accepted for publication: 28.10.2024

Published: 29.11.2024

Агроэкономическая оценка эффективности применения регуляторов роста растений и микроудобрений при возделывании перца сладкого на семена в условиях орошения Астраханской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Совершенствование зональных агротехнологий возделывания м семеноводства овощных культур обусловлено необходимостью повышения агроэкономической и технологической эффективности, рентабельности производства и конкурентоспособности отечественной продукции в условиях рыночной экономики и западных санкций с целью обеспечения продовольственной безопасности страны и импортозамещения.

Методология. Совершенствование элементов зональной агротехнологии возделывания нового сорта перца сладкого Зарница для повышения продуктивности и качества семян и снижения затрат при его семеноводстве в безрассадной культуре за счет применения микроудобрений (Ультрамаг Бор) и регуляторов роста растений (Циркон, Р) является целью проводимых исследований. Задача исследований состояла в изучении и оценке агроэкономической эффективности применения микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон, Р и их влияния на динамику роста и развития растений, сроки созревания, урожайность и качество семян перца сладкого в опыте.

Практическая значимость обусловлена возможностью широкого применения результатов исследований в реальном секторе экономики и использования регуляторов роста растений и микроудобрений при безрассадном семеноводстве перца сладкого для повышения продуктивности, качества и экономических показателей его возделывания в орошаемом земледелии юга России.

Результаты. Установлено, что растения перца сладкого при безрассадном способе выращивания с применением микроудобрений и регуляторов роста растений в фазу плодообразования имели преимущество перед контролем: по высоте растений на 6,1; 12,2 и 14,5%, количеству боковых побегов на 20; 36 и 40%, массе листьев на 5,9; 14,2 и 17,5%, средней массе плода на 3,8; 11,7 и 13,5%. Наибольшая урожайность перца сладкого в опыте (33,6 т/га), превысившая контроль на 3,2 т/га (10,5%), и наиболее высокое содержание витамина С в плодах (164 мг%), что на 8 мг% выше, чем на контроле, отмечены на варианте с совместным применением микроудобрения и регулятора роста растений. Семена перца сладкого во всех вариантах опыта соответствовали кондиционным требованиям (всхожесть – 93-96%, энергия прорастания – 93-95%). Наиболее высокий уровень рентабельности (109,3%) отмечен на варианте с совместным применением микроудобрения и регулятора роста растений, превысив контроль на 18,8%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

перец сладкий, регуляторы роста растений, микроудобрения, урожайность, семенная продуктивность

Agroecological assessment of the effectiveness of the use of plant growth regulators and micronutrients in the cultivation of sweet pepper for seeds in irrigation conditions of the Astrakhan region

ABSTRACT

Relevance. Improving zonal agricultural technologies for the cultivation and seed production of vegetable crops is due to the need to increase agroecological and technological efficiency, production profitability and competitiveness of domestic products in a market economy and Western sanctions in order to ensure the country's food security and import substitution.

Methodology. Improving the elements of zonal agricultural technology for cultivating the new variety of sweet pepper Zarnitsa to increase the productivity and quality of seeds and reduce the costs of its seed production in a seedless culture through the use of micro fertilizers (Ultramag Boron) and plant growth regulators (Zircon R) is the goal of the ongoing research.

The objective of the research is to study and evaluate the agroecological efficiency of using the Ultramag Bor micro fertilizer and the Zircon, P plant growth regulator and their impact on the dynamics of plant growth and development, ripening time, yield and quality of sweet pepper seeds in the experiment. The practical significance of the research lies in the possibility of widespread use in the real sector of the economy of plant growth regulators and micro fertilizers in non-seedling seed production of sweet pepper to improve productivity, quality and economic indicators of its cultivation in irrigated agriculture in the south of Russia.

Results. It was found that sweet pepper plants grown without seedlings using micro fertilizers and plant growth regulators during the fruiting phase had advantages over the control: in plant height by 6.1; 12.2 and 14.5%, the number of side shoots by 20; 36 and 40%, leaf weight by 5.9; 14.2 and 17.5%, average fetal weight by 3.8; 11.7 and 13.5%. The highest yield of sweet pepper in the experiment (33.6 t/ha), which exceeded the control by 3.2 t/ha (10.5%), and the highest content of vitamin C in the fruits (164 mg%), which is 8 mg% higher than in the control were noted in the variant with the combined use of micro fertilizer and plant growth regulator. Sweet pepper seeds in all experimental variants met the standard requirements (germination rate - 93-96%, germination energy - 93-95%). The highest level of profitability (109.3%) was observed in the variant with the combined use of micro fertilizer and plant growth regulator, exceeding the control by 18.8%.

KEYWORDS:

sweet pepper, plant growth regulators, micro fertilizers, yield, seed productivity.



Введение

Перек сладкий – ценная овощная культура. Благодаря богатому биохимическому составу и универсальности использования для пищевых целей является одной из самых распространенных в мире [1,2,3]. Выращивается в открытом грунте на юге России, в Нижнем Поволжье, Краснодарском и Ставропольском крае, на Северном Кавказе, в Ростовской и других областях [4,5,6]. Потребность населения страны в здоровом питании и спрос на плоды перца сладкого ежегодно возрастают, но не удовлетворяются в полной мере. Длительный безморозный период, достаточное количество тепла и использование капельного орошения позволяют выращивать перек на юге России без рассады с прямым посевом семян в открытый грунт. При возделывании перца сладкого для целей семеноводства семена должны иметь высокую всхожесть и энергию прорастания. Для повышения урожайности и качества семян перца сладкого применяются различные способы, включающие обработку семян и растений регуляторами роста растений и микроудобрениями [3,7,8-14].

Цель исследований заключалась в совершенствовании элементов зональной агротехнологии возделывания нового сорта перца сладкого Зарница, изучении возможности повышения продуктивности и качества продукции и семян, снижения производственных затрат при его выращивании в безрассадной культуре за счет применения микроудобрений (Ультрамаг Бор) и регуляторов роста растений (Циркон Р).

Задача исследований состояла в изучении и оценке агроэкономической эффективности применения микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон, Р по их влиянию на динамику роста и развития растений, сроки созревания, урожайность и качество семян перца сладкого при безрассадном способе выращивания.

Практическая значимость исследований заключается в возможности широкого применения изучаемых факторов (регуляторов роста растений и микроудобрений на безрассадной культуре перца сладкого) в реальном секторе экономики с целью повышения продуктивности, качества и экономических показателей возделывания культуры в орошаемом земледелии юга России.

Материалы и методы

Полевой опыт проводили в 2022-2023 годах на опытном поле ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Астраханская область) в рамках выполнения Государственного задания. Почва опытного участка аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная. Реакция среды (рН) в пахотном слое почвы – 7,3, содержание гумуса – 1,84-1,92%, щелочно-гидролизующего азота – 49-53 мг/кг; подвижного фосфора – 50-52 мг/кг, подвижного калия – 140-156 мг/кг почвы. Закладка полевого опыта и проведение сопутствующих учетов и наблюдений выполнялись в соответствии с Методикой полевого опыта, зональными агротехнологиями и методическими рекомендациями; математическая обработка экспериментальных данных – методом дисперсионного анализа по Б.А.

Доспехову [6,15-16]. Массовая доля сахаров (по ГОСТ 8756.13-87), витамина С (по ГОСТ 24556-89) и нитратного азота (по МУ5048-89) в плодах перца сладкого определялись в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Астраханский».

На вариантах опыта применялось фоновое внесение минеральных удобрений: азофоска (15:15:15) – 500 кг/га ф. в. Полив капельным орошением, оросительная норма – 6600 м³/га.

Объект исследований – сорт перца сладкого Зарница селекции ВНИИОБ, внесенный в 2022 году в Государственный реестр селекционных достижений. Сорт среднеспелый, период вегетации от всходов до технической зрелости – 118-120 суток. Куст полустамбовый, слабо облиственный, плод конусовидной формы, глянцевый, с зеленовато-белой окраской – в технической спелости и ярко-красной – в биологической спелости. Средняя масса плода – 150-160 г, толщина стенки – 0,5-0,6 мм.

Схема опыта: Вариант 1 – Контроль (без обработки); Вариант 2 – Ультрамаг Бор (0,5л/га); Вариант 3 – Циркон, Р (30 мл/га); Вариант 4 – Ультрамаг Бор (0,5л/га) + Циркон, Р (30 мл/га).

Ультрамаг Бор – жидкое боросодержащее микроудобрение для листовых подкормок с/х культур. Состав: Азот (N) общ. – 65,0 г/л, Бор (В) – 150,0 г/л. Повышает иммунитет овощных культур к заболеваниям, стимулирует прорастание пыльцы и наращивание трубок, увеличивает количество побегов и повышает плодоношение, активизирует цветение и образование новых завязей [17].

Циркон Р – регулятор роста растений, содержащий гидроксикоричную кислоту (0,1 г/л). Применяется для активации ростовых и формообразовательных процессов, повышения продуктивности растений и иммунитета к болезням и неблагоприятным факторам среды. Внекорневая обработка изучаемыми препаратами проводилась однократно, по листу, в фазу начала цветения, согласно схеме опыта, при норме расхода рабочего раствора 300 л/га.

Посев семян перца сладкого в открытый грунт по схеме 1,4х0,2 м проводили в 2022 году – 29 мая, в 2023 году – 31 мая. Во всех вариантах опыта проводили двукратное прореживание и формирование одинаковой густоты стояния растений – 35,7 тыс. шт./га. Учет густоты стояния растений проводили в фазе полных всходов и перед началом сбора плодов, уборка урожая – вручную, по мере созревания плодов, согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [16]. Повторность вариантов в опыте – четырехкратная, размещение – систематическое. Площадь опытной делянки – 29,4 м², площадь учетной делянки – 14 м². В ходе исследований определяли: продолжительность периода вегетации, биометрические показатели растений, биохимический состав плодов, урожайность, выход семян, экономическая эффективность выращивания [18-21].

Результаты и обсуждение

Метеорологические условия периода проведения исследований (2022-2023 годы), в целом, были благоприятны для роста и развития растений перца сладкого в опыте (рис.1).

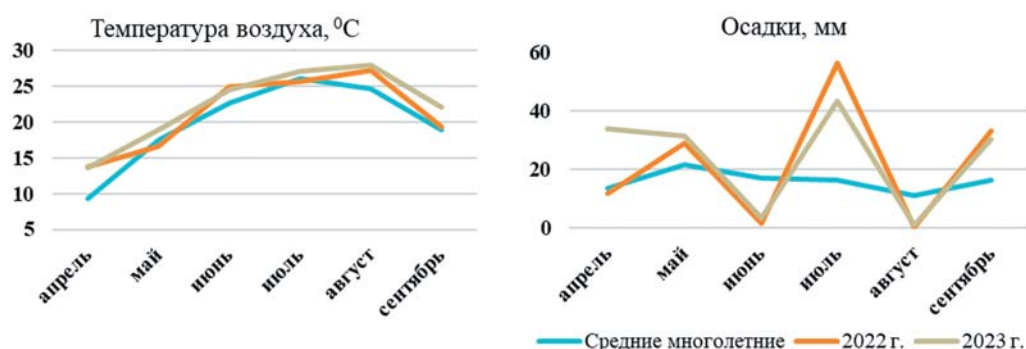


Рис. 1. Метеорологические условия периода проведения исследований в 2022-2023 годах
Fig. 1. Meteorological conditions of the study period in 2022-2023

Таблица 1. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон, P на наступление фенологических фаз растений перца сладкого
Table 1. The effect of micro-fertilizers Ultramag Boron and plant growth regulator Zircon, P on the onset of phenological phases of sweet pepper plants

Варианты опыта	Годы	Сроки наступления фенологических фаз (сутки)				
		бутионизация	цветение	образование плодов	техническая спелость	биологическая спелость
1. Контроль	2022	46	57	68	91	130
	2023	45	58	70	92	127
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	2022	46	58	69	91	129
	2023	45	58	70	91	127
3. Циркон P (30 мл/га)	2022	46	57	65	89	128
	2023	45	58	67	89	126
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон P (30 мл/га)	2022	46	57	65	89	128
	2023	45	58	67	89	126

В 2022 году среднесуточная температура воздуха за период вегетации (апрель-сентябрь) превысила среднемноголетние значения на 1,4°C. Количество осадков в этот период было неравномерным и отклонялось от среднемноголетних значений как в большую (май, июль, сентябрь), так и в меньшую (апрель, июнь, август) сторону и составило в целом 132,4 мм, что на 36,1 мм (37%) выше средней многолетней нормы. В 2023 году высокие дневные температуры воздуха и повышенная солнечная активность, особенно в августе 2023 года (+3,4°C по сравнению со среднемноголетними), спровоцировали частичные ожоги плодов перца сладкого в период их созревания. Сумма осадков за апрель-сентябрь 2023 года составила 119,4 мм, превысив среднемноголетнюю норму на 23,1 мм (в 1,2 раза). Обильные ливневые осадки в апреле и первой декаде мая 2023 года затруднили ход проведения посева, а повышенная (+13,9 мм), в сравнении со среднемноголетней, норма осадков, выпавших в первой половине

сентября, замедлила процессы проведения учета и сбора урожая.

Массовые всходы растений перца сладкого на всех вариантах опыта отмечены на 10-е сутки после посева. Применение микроудобрения и регулятора роста растений оказало свое влияние на скорость прохождения фенологических фаз перца сладкого в опыте. Период от посева до биологической спелости в вариантах с их применением был на 1-2 суток короче, а плодоношение продолжалось дольше, чем в контроле (табл. 1).

Обработка растений микроудобрением Ультрамаг Бор и регулятором роста растений Циркон P в фазу начала цветения способствовала более раннему образованию и созреванию плодов за счет стимулирования ростовых процессов и повышения устойчивости растений к абиотическим стрессам, увеличению биометрических показателей растений, в сравнении с контролем, по высоте – на 6,1; 12,2 и 14,5%, количеству боковых побегов – на 20; 36 и 40%, массе листьев – на 5,9; 14,2 и 17,5%, (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста Циркон P на биометрические показатели растений перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 2. The effect of the micro-fertilizer Ultramag Boron and the growth regulator Zircon P on the biometric parameters of sweet pepper plants in the experiment, average for 2022-2023

Варианты опыта	Высота растений		Количество боковых побегов		Масса листьев	
	м	%	шт./ раст.	%	г	%
1. Контроль	0,509	100,0	2,5	100,0	232,5	100,0
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	0,540	106,1	3,0	120,0	246,3	105,9
3. Циркон P (30 мл/га)	0,571	112,2	3,4	136,0	265,4	114,2
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон P (30 мл/га)	0,583	114,5	3,5	140,0	273,3	117,5
НСР ₀₅	0,022	-	0,35	-	11,3	-

Таблица 3. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста Циркон Р на количественные показатели плодов перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 3. The effect of micro-fertilizer Ultramag Boron and growth regulator Zircon, P on quantitative indicators of sweet pepper fruits in the experiment, average for 2022-2023

Варианты опыта	Средняя масса плода		Размеры плода			
			длина		диаметр верхней части	
	г	%	см	%	см	%
1. Контроль	99,5	100,0	11,8	100,0	5,4	100,0
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	103,3	103,8	12,0	101,7	5,6	103,7
3. Циркон Р (30 мл/га)	111,2	111,7	12,4	105,1	5,9	109,3
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон Р (30 мл/га)	112,9	113,5	12,6	106,8	6,0	111,1
НСР ₀₅	1,9	-	0,7	-	0,45	-

Наибольшие количественные значения по длине (на 6,8%), диаметру (на 11,1%) и средней массе (на 13,5%) плодов перца сладкого, в сравнении с контролем, отмечены на Варианте 4 с совместным применением микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р (табл. 3).

Обработка растений микроудобрением Ультрамаг Бор и регулятором роста растений Циркон Р способствовала повышению урожайности плодов перца сладкого как при раздельном, так и при их совместном применении. Наибольшая средняя урожайность плодов перца сладкого в опыте

Таблица 4. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р на урожайность перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 4. The effect of micro-fertilizer Ultramag Boron and plant growth regulator Zircon P on the yield of sweet pepper in the experiment, average for 2022-2023

Варианты опыта	2022 год		2023 год		Среднее за 2022-2023 годы	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
1. Контроль	30,2	100,0	30,5	100,0	30,4	100,0
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	30,8	101,9	31,6	103,6	31,2	102,6
3. Циркон Р (30 мл/га)	32,5	107,6	33,1	108,5	32,8	107,9
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон Р (30 мл/га)	33,2	109,9	33,9	111,2	33,6	110,5
НСР ₀₅	1,4	-	0,6	-	-	-

Таблица 5. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р на качество плодов перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 5. The effect of micro-fertilizer Ultramag Boron and plant growth regulator Zircon P on the quality of sweet pepper fruits in the experiment, average for 2022-2023

Варианты	Содержание сахаров, %	Содержание витамина С, мг%	Массовая доля нитратного азота, мг/кг
1. Контроль	5,4	156	13
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	5,8	159	15
3. Циркон Р (30 мл/га)	5,3	165	14
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон Р (30 мл/га)	5,4	164	15
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_m$	$F_{\phi} < F_m$	$F_{\phi} < F_m$

(33,6 т/га) отмечена на Варианте 4 с совместным применением микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р, превысив значения контрольного варианта на 3,2 т/га (на 10,5%) (табл. 4).

Наибольшее содержание в плодах витамина С (164 мг%), что на 8 мг% выше, чем в контроле, отмечено в варианте при совместном применении микроудобрения и регулятора роста растений. Содержание нитратного азота в плодах перца сладкого во всех изучаемых вариантах опыта находилось в пределах 13-15 мг/кг и не превышало ПДК (250 мг/кг) (табл. 5).

Посевные качества семян перца сладкого в опыте соответствовали кондиционным требованиям: по всхожести (93-96%) и энергии прорастания (93-95%). Применение микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р способствовало повышению семенной продуктивности перца сладкого, в сравнении с контролем, на 4-12 кг/га (3,8-11,4%) (табл. 6).

Таблица 6. Влияние микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р на семенную продуктивность и посевные качества семян перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 6. The effect of micro-fertilizer Ultramag Boron and plant growth regulator Zircon P on seed productivity and sowing qualities of sweet pepper seeds in the experiment, average for 2022-2023

Варианты	Семенная продуктивность, кг/га	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
1. Контроль	105	93	93
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	109	95	94
3. Циркон Р (30 мл/га)	115	95	94
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон Р (30 мл/га)	117	96	95

Таблица 7. Экономическая эффективность применения регулятора роста растений Циркон Р и микроудобрения Ультрамаг Бор на культуре перца сладкого в опыте, среднее за 2022-2023 годы
Table 7. Economic efficiency of using the plant growth regulator Zircon R and micro-fertilizers Ultramag Boron on sweet pepper culture in the experiment, average for 2022-2023

Варианты	Выручка от реализации продукции, тыс. руб./га	Затраты, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./га	Уровень рентабельности, %
1. Контроль	683,3	359,4	323,8	11,8	90,5
2. Ультрамаг Бор (0,5 л/га)	703,0	360,2	342,8	11,6	95,3
3. Циркон Р (30 мл/га)	738,7	360,8	377,9	11,0	104,9
4. Ультрамаг Бор (0,5 л/га) + Циркон Р (30 мл/га)	755,8	361,7	394,1	10,8	109,3

По результатам агроэкономического анализа полученных экспериментальных данных установлено, что в вариантах с применением микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р происходило увеличение затрат на приобретение и применение изучаемых препаратов и расходов на уборку дополнительного урожая. При этом, реализация дополнительно полученного за счет применения препаратов урожая обеспечила повышение прибыли на 19-70,3 тыс. руб./га, в сравнении с контрольным вариантом. Наиболее высокий уровень рентабельности (109,3%) отмечен на Варианте с совместным применением микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р – на 18,8% выше, чем на контроле (табл. 7).

Заключение

Применение микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р в зональной агротехнологии возделывания перца сладкого в условиях орошения Астраханской области способствует повышению агроэкономической эффективности возделывания культуры за счет стимулирования и активизации ростовых процессов, улучшения биометрических показателей растений, повышения урожайности, семенной продуктивности и качества плодов и семян, увеличения прибыли и рентабельности производства при незначительном увеличении производственных затрат на их применение. Наибольшая агроэкономическая эффективность по комплексу вышеперечисленных показателей отмечена при совместном применении микроудобрения Ультрамаг Бор и регулятора роста растений Циркон Р.

Литература

- Кигашпаева О.П., Гулин А.В. Экономически выгодные для уборки и транспортировки сорта перца сладкого. *Проблемы развития АПК региона*. 2021;4(48):99-103. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_99
<https://www.elibrary.ru/fyglp>
- Гулин А.В., Мачулкина В.А., Кигашпаева О.П., Джабраилова В.Ю., Лаврова Л.П. Перец сладкий – витаминный продукт. *Пищевая промышленность*. 2022;(11):25-28. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.006>
<https://www.elibrary.ru/famnpq>
- Беляев А.И., Петров Н.Ю., Пугачева А.М., Аксенов М.П. Усовершенствование технологических приемов выращивания перца сладкого на юге России. *Известия Оренбургского ГАУ*. 2022;6(98):63-66. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-63-67>
<https://www.elibrary.ru/grafcc>
- Кигашпаева О.П., Гулин А.В., Каракаджиев А.С., Джабраилова В.Ю., Лаврова Л.П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИООБ. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2022;3(67):161-170. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-03-19> <https://www.elibrary.ru/jvpevq>
- Авдеев А.Ю., Кигашпаева О.П., Бажмаева Ф.К., Сисенгалиева С.Т. Селекция перца сладкого для различных направлений использования. *Проблемы развития АПК региона*. 2020;2(42):6-9. <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2020.2.6>
<https://www.elibrary.ru/drjsut>
- Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
- Муканов М.В., Гулин А.В., Киселев А.И., Каракаджиев А.С. Перспективность возделывания перца сладкого безрассадным способом в дельте Волги. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022;4(68):193-200. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-22>
<https://www.elibrary.ru/rempmv>
- Калмыкова О.В., Петров Н.Ю., Калмыкова Е.В. Комплексное обоснование приемов возделывания перца сладкого в условиях меняющегося климата Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020;2(58):130-145. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-13>
<https://www.elibrary.ru/ksomdv>
- Авдеенко С.С., Авдеенко А.П., Соловьева А.М., Нестерова Е.М., Колосков М.А. Изучение эффективности применения стимуляторов роста на посадках перца сладкого. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2020;2(38):5-13. <https://www.elibrary.ru/vejbjx>

10. Калмыкова Е.В., Калмыкова О.В. Воздействие агротехнических приемов возделывания на повышение продуктивности перца сладкого и на изменение качественных показателей плодов в процессе хранения. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021;4(64):25-36. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-04-02> <https://www.elibrary.ru/payzcf>
11. Калмыкова Е.В. Эффективность использования микроэлементов при возделывании перца сладкого при орошении в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. *Аграрный научный журнал*. 2021;4(12):12-16. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i4pp12-16> <https://www.elibrary.ru/sywcvt>
12. Мякова Е.В. Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области. *Вестник Российского университета дружбы народов*. 2021;16(1):30-41. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-30-41> <https://www.elibrary.ru/ecoudm>
13. Борисов В.А., Меньших А.М., Соснов В.С. Урожайность и качество перца сладкого при комплексном применении удобрений и орошения на обыкновенных черноземах. *Картофель и овощи*. 2021;10(1):21-23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.35.63.007> <https://www.elibrary.ru/xsdrte>
14. Щербак Н.С., Пучков М.Ю., Авдеева С.Т., Лысаков М.А., Шахмедова Ю.И., Газиева М.Ш. Оценка перспективных образцов перца сладкого по комплексу хозяйственно-ценных признаков. *Проблемы развития АПК региона*. 2023;1(53):100-108. https://doi.org/10.52671/20790996_2023_1_100 <https://www.elibrary.ru/eaiaoh>
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Москва, 2015. 61 с.
17. Franczuk J., Tartanus M., Rosa R., Zaniewicz-Bajkowska A., Debski H., Andrejiová A., Dydiv A. The Effect of Mycorrhiza Fungi and Various Mineral Fertilizer Levels on the Growth, Yield, and Nutritional Value of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agriculture*. 2023;13(8):857. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture13040857>
18. Assi A.S.L., Abu Al-Mikh M.T., Abdul-Ameer H.K. The use of nano-fertilizers for some micronutrient and their effect on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Archive*. 2020 (20):1640-1646. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1259/1/012059>
19. Akhter S., Mostarin T., Khatun K., Akhter F., Parvin A. Effects of Plant Growth Regulator on Yield and Economic Benefit of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Agriculturists*. 2018;16(02):58-64. <https://doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>
20. Mbandlwa N.P., Fotouo M.H., Maboko M.M., Sivakumar D. Stomatal conductance, leaf chlorophyll content, growth, and yield of Sweet Pepper in response to plant growth regulators. *International Journal of Vegetable Science*. 2020;26(2):116-126. <https://doi.org/10.1080/19315260.2019.1610925>
21. Akhter S., Mostarin T., Khatun K., Akhter F., Parvin A. Effects of Plant Growth Regulator on Yield and Economic Benefit of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Agriculturists*. 2018;16(2):58-64. <https://doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>
- **References**
1. Kigashpaeva O.P., Gulina A.V. Economically profitable for harvesting and transporting sweet pepper varieties. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2021;4(48):99-103. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_99 <https://www.elibrary.ru/ffjgpl> (In Russ.)
2. Gulina A.V., Machulskina V.A., Kigashpaeva O.P., Lavrova L.P., Dzhabrailova V.Yu. Sweet pepper is a vitamin product. *Food industry*. 2022;11(1):25-28. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.006> <https://www.elibrary.ru/famnpq> (In Russ.)
3. Belyaev A.I., Petrov N.Yu., Pugacheva A.M., Aksenov M.P. Improvement of technological methods of growing sweet pepper in the south of Russia. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2022;6(98):63-66. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-63-67> <https://www.elibrary.ru/grafcc> (In Russ.)
4. Kigashpaeva O.P., Gulina A.V., Karakadzhiev A.S., Dzhabrailova V.Yu., Lavrova L.P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper - selection of the "All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing". *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;3(67):161-170. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-03-19> <https://www.elibrary.ru/jvepvq> (In Russ.)
5. Avdeev A.Yu., Kigashpaeva O.P., Bazhmaeva F.K., Sisengaliev S.T. Sweet pepper selection for various ways of use. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2020;2(42):6-9. <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2020.2.6> <https://www.elibrary.ru/drjsut> (In Russ.)
6. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M., 2011. 649 p. (In Russ.)
7. Mukanov M.V., Gulina A.V., Kiselev A.I., Karakadzhiev A.S. The prospects of cultivating sweet pepper in a seedless way in the Volga delta. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;4(68):193-200. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-22> <https://www.elibrary.ru/rempm> (In Russ.)
8. Kalmykova O.V., Petrov N.Yu., Kalmykova E.V. Complex substantiation of cultivation techniques of sweet pepper in the conditions of a changing climate of the Lower Volga region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2020;2(58):130-145. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-13> <https://www.elibrary.ru/ksomdv> (In Russ.)
9. Avdeenko S.S., Avdeenko A.P., Solovieva A.M., Nesterova E.M., Koloskov M.A. Study of the effectiveness of growth stimulants on sweet pepper plantings. *Vestnik Omskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2020;2(38):5-13. <https://www.elibrary.ru/vejbx> (In Russ.)
10. Kalmykova E.V., Kalmykova O.V. Effect of agrotechnical cultivation methods on increasing the productivity of sweet pepper and on the change of qualitative indicators of fruits in the storage process. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2021;4(64):25-36. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-04-02> <https://www.elibrary.ru/payzcf> (In Russ.)
11. Kalmykova E.V. Efficiency of using trace elements in the cultivation of sweet pepper under irrigation in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. *The agrarian scientific journal*. 2021;4(12):16. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i4pp12-16> <https://www.elibrary.ru/sywcvt> (In Russ.)
12. Myagkova E.V. Adaptivity of sweet pepper varieties cultivated in the Astrakhan region. *RUDN journal of agronomy and animal industries*. 2021;16(1):30-41. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-30-41> <https://www.elibrary.ru/ecoudm> (In Russ.)
13. Borisov V.A., Men'shikh A.M., Sosnov V.S. Yield and quality of bell pepper with integrated application of fertilizers and irrigation on ordinary chernozem. *Potato and vegetables*. 2021;10(1):21-23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.35.63.007> <https://www.elibrary.ru/xsdrte> (In Russ.)
14. Shcherbakova N. S., Puchkov M. Yu., Avdeeva S. T., Lysakov M. A., Shakhmedova Yu. I., Gazieva M. Sh. Evaluation of promising samples of sweet pepper according to a complex of economically valuable traits. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2023;1(53):100-108. https://doi.org/10.52671/20790996_2023_1_100 <https://www.elibrary.ru/eaiaoh> (In Russ.)
15. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
16. Methodology of State variety testing of agricultural crops. Moscow, 2015. 61 p. (In Russ.)
17. Franczuk J., Tartanus M., Rosa R., Zaniewicz-Bajkowska A., Debski H., Andrejiová A., Dydiv A. The Effect of Mycorrhiza Fungi and Various Mineral Fertilizer Levels on the Growth, Yield, and Nutritional Value of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agriculture*. 2023;13(8):857. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture13040857>
18. Assi A.S.L., Abu Al-Mikh M.T., Abdul-Ameer H.K. The use of nano-fertilizers for some micronutrient and their effect on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Archive*. 2020;20(20):1640-1646. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1259/1/012059>
19. Akhter S., Mostarin T., Khatun K., Akhter F., Parvin A. Effects of Plant Growth Regulator on Yield and Economic Benefit of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Agriculturists*. 2018;16(02):58-64. <https://doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>
20. Mbandlwa N.P., Fotouo M. H., Maboko M. M., Sivakumar D. Stomatal conductance, leaf chlorophyll content, growth, and yield of sweet pepper in response to plant growth regulators. *International Journal of Vegetable Science*. 2020;26(2):116-126. <https://doi.org/10.1080/19315260.2019.1610925>
21. Akhter S., Mostarin T., Khatun K., Akhter F., Parvin A. Effects of Plant Growth Regulator on Yield and Economic Benefit of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Agriculturists*. 2018;16(2):58-64. <https://doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>

Об авторах:

Михаил Владимирович Муканов – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1751-7340>, SPIN-код: 3389-8588, автор для переписки, mmv4601@yandex.ru
Максим Александрович Гулин – аспирант, <https://orcid.org/0009-0004-0105-186X>, maks.gulin.01@mail.ru

About the Authors:

Mikhail V. Mukanov – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1751-7340>, SPIN-code: 3389-8588, Corresponding Author, mmv4601@yandex.ru
Maxim A. Gulina – graduate student, <https://orcid.org/0009-0004-0105-186X>, maks.gulin.01@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-69-74>
УДК: 635.1/7:338.43-047.58(470)

Т.Ю. Шабанов^{1,2,3 *}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Челябинский государственный университет"

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

³ Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» 454001, Россия, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

*Автор для переписки: shabanovtyu@mail.ru

Вклад автора: Шабанов Т.Ю.: разработал метод расчета барицентра, расчет и анализ динамики барицентра, выводы о трендах и тенденции территориального развития (перемещения) современного овощеводства России, написание и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шабанов Т.Ю. Геоэкономическое моделирование: юго-западный тренд овощеводства России. *Овощи России*. 2024;(6):69-74.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-69-74>

Поступила в редакцию: 26.08.2024

Принята к печати: 03.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Timofei Yu. Shabanov^{1,2,3 *}

¹ Chelyabinsk State University

² South Ural State University (National Research University)

³ Financial University under the Government of the Russian Federation 129, Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russia

*Correspondence Author: shabanovtyu@mail.ru

Author' Contribution: Shabanov T.Yu.: developed a method for calculating the barycenter, calculating and analyzing the dynamics of the barycenter, conclusions about trends and the tendency of territorial development (movement) of modern vegetable growing in Russia, writing and editing the manuscript.

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

For citation: Shabanov T.Yu. Geoeconomic modelling: southwestern trend of vegetable growing in Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):69-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-69-74>

Received: 26.08.2024

Accepted for publication: 03.11.2024

Published: 29.11.2024

Геоэкономическое моделирование: юго-западный тренд овощеводства России

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современная глобализация, интернационализация, региональная конкурентная дифференциация актуализируют геоэкономические методы моделирования для геополитического планирования, управления и контроля. Новизной предложенных решений является предложенная концепция, основывающаяся на трансляции идей теоретической механики в экономику.

Методы. Рассматривая годовые значения статистических показателей территориальных концентратов как систему географически распределенных объектов (субъектов РФ), можно определить географический барицентр. Зная значения геокоординат барицентра, возможно через анализ динамики этих координат, определить тенденции и тренд движения барицентра как индикатор динамики рассматриваемой системы. На основании данных Росстата по годовому валовому сбору сельскохозяйственных культур (овощей), численности населения по субъектам Российской Федерации за период 1991-2021 годы, данных координат административных центров субъектов РФ, рассчитаны значения географических координат барицентра овощеводства России.

Результаты. Показано, что для 2021 года географические координаты барицентра овощеводства России – 50,30° с.ш. и 49,49° в.д. со среднерегиональным значением со среднерегиональным годовым сбором овощей 1722,52 млн ц/год и флуктуацией координат барицентра в зоне 3-4 географических градусов или 300 территориальных км с выраженным юго-западным трендом. Анализ динамики барицентра за период 1991-2021 годов позволяет выявить незначительное перемещение барицентра овощеводства южнее на 3,5 градуса с приростом среднерегионального сбора овощей на 124,11 млн ц/год на каждый градус (или общероссийского более чем на 9500 млн ц/год на каждый градус южнее), незначительное перемещение барицентра овощеводства западнее на 4,5 градуса с приростом среднерегионального сбора овощей на 86,5 млн ц/год на градус (или общероссийского более чем на 6660 млн ц/год на каждый градус западнее). За период 1991-2021 годов выделяются две противоположные тенденции развития овощеводства. В период с 1991 по 2000 годы движение координаты барицентра овощеводства шло в направлении северо-востока России, в период 2000 по 2021 годы – наоборот, на юго-запад.

Заключение. Сделан вывод о наличии взаимосвязи развития овощеводства с геополитикой России в рассматриваемом периоде. Подученный метод и результаты могут быть использованы в стратегическом государственном управлении аграрным производством России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

модель, метод, барицентр, методология, геоэкономика, тренд, тенденция овощеводства

Geoeconomic modelling: southwestern trend of vegetable growing in Russia

ABSTRACT

Relevance. Modern globalization, internationalization, regional competitive differentiation actualize geoeconomic modeling methods for geopolitical planning, management and control. The novelty of the proposed solutions is the proposed concept, based on the translation of the ideas of theoretical mechanics into economics.

Methodology. Considering the annual values of statistical indicators of territorial concentrates as a system of geographically distributed objects (subjects of the Russian Federation), it is possible to determine the geographic barycenter. Knowing the values of the geocoordinates of the barycenter, it is possible to determine the tendencies and trend of the barycenter movement as an indicator of the dynamics of the system under consideration through the analysis of the dynamics of these coordinates. Based on Rosstat data on the annual gross harvest of agricultural crops (vegetables), population by constituent entities of the Russian Federation for the period 1991-2021, data on the coordinates of the administrative centers of the constituent entities of the Russian Federation, the values of the geographic coordinates of the barycenter of vegetable growing in Russia were calculated.

Results. For 2021, the geographic coordinates of the barycenter of vegetable growing in Russia are 50.30° N and 49.49° E with an average regional value with an average regional annual vegetable harvest of 1722.52 million centners/year and fluctuations in the coordinates of the barycenter in the zone of 3-4 geographic degrees or three hundred territorial kilometers with a pronounced south-west trend. Analysis of the dynamics of the barycenter for the period 1991-2021. will allow to reveal a slight shift of the vegetable growing barycenter to the south by 3.5 degrees with an increase in the average regional vegetable harvest by 124.11 million centners per year for each degree (or the all-Russian by more than 9,500 million centners per year for each degree to the south), a slight shift of the vegetable growing barycenter to the west by 4.5 degrees with an increase in the average regional vegetable harvest by 86.5 million centners per year per degree (or the All-Russian by more than 6,660 million centners per year for each degree to the west). For the period 1991-2021, two opposite trends in the development of vegetable growing are distinguished. In the period from 1991 to 2000, the movement of the coordinate of the vegetable growing barycenter went in the direction of the northeast of Russia, in the period 2000 to 2021 — on the contrary, to the southwest.

The conclusion is made about the existence of a relationship between the development of vegetable growing and the geopolitics of Russia in the period under review. The obtained method and results can be used in strategic state management of agricultural production in Russia.

KEYWORDS:

model, method, barycenter, methodology, geoeconomics, trend, vegetable growing tendency

Введение

Геоэкономика (англ. geoeconomics) рассматривает экономическую ситуацию (тренды развития) географической территории для политического управления. Современная глобализация, интернационализация, региональная конкурентная дифференциация актуализируют геоэкономические методы моделирования для геополитического планирования, управления и контроля. Актуальность геоэкономического моделирования состоит в использовании методов создания понятных моделей для политического управления. Как правило, геоэкономическая модель позволяет однозначно и упрощённо представить укрупнение результаты государственного управления. Новизна предложенного метода состоит в трансляции научных методов и подходов теоретической механики для использования в геоэкономике, в частности овощеводстве для прояснения тенденций и трендов развития и его управлением.

Обзор литературы [1-12], позволяет выявить причины формирования развития (территориального смещения) овощеводства России.

1. Климатические условия. Нестабильные климатические условия и засухи могут негативно влиять на урожай.

2. Инфраструктура. Недостаток транспортной и логистической инфраструктуры, особенно в удалённых регионах.

3. Кадровый дефицит: Нехватка квалифицированных работников в аграрном секторе.

4. Субсидирование и финансирование: Ограниченные меры поддержки со стороны государства.

5. Инвестиции в технологии: Развитие современных методов производства, таких как тепличные комплексы и автоматизация в зоне концентрации населения.

6. Экологические инициативы. Увеличение интереса к экологически чистым продуктам в зоне концентрации платежеспособного населения (центральные регионы).

7. Кооперация и кластеризация. Создание сельскохозяйственных кластеров для повышения эффективности в зоне концентрации платежеспособного населения.

8. Экспортный потенциал. Развитие экспортных поставок овощей на зарубежные рынки. Эти причины внутренней миграции влияют на регионы по-разному и могут быть как временными, так и постоянными, создавая различные социальные, экономические и культурные последствия. Этот фактор влечет сдвиг овощеводства к границам территории РФ для снижения логистических затрат на формирование цепочек поставок.

Цель исследования – определение тренда овощеводства России. Для достижения данной цели, последовательно были решены следующие задачи:

1. Введено понятие барицентра овощеводства России.

2. Предложен метод определения барицентра.

3. Исследована динамика барицентра и определено направление трендов овощеводства.

На основании данных Росстата по годовому валовому

сбору сельскохозяйственных культур (овощей), численности населения по субъектам Российской Федерации за период 1991-2021 годов, данных координат административных центров субъектов РФ, рассчитаны значения географических координат барицентра овощеводства России.

Рассматривая годовые значения статистических показателей территориальных концентраторов как систему географически распределённых объектов (субъектов РФ), можно определить географический барицентр. Зная значения геокоординат барицентра, возможно через анализ динамики этих координат, определить тенденции и тренд движения барицентра как индикатор динамики рассматриваемой системы. Предлагаемый метод анализа барицентра: прост, т.к. для проведения расчетов требуется использование известных геокоординат и значение их статистических показателей; объективен, т.к. используются проверенные в теоретической механике алгоритмы и процедуры; устойчив и стабилен, т.е. невосприимчив к флуктуациям значений как инфляция, передвижки и прочие, т.к. фиксирует стабильную геокоординату внутри единичного рассматриваемого периода; воспроизводим, т.к. может быть использован для изучения любых показателей экономической системы в геопространстве; получаемые результаты наглядны, т.к. поведение барицентра (центра системы) отражает динамику всей системы.

Методы исследований

Транслируя методы теоретической механики в экономику, введем понятие барицентр (от др.-греч. βαρύς «тяжёлый» + центр, синонимично, как центр масс, центр тяжести, геометрический центр в изометрии) овощеводства России. Следует отметить флуктуацию определений понятия барицентр в научном сообществе, например, подмены общеизвестных статистических определений моды и медианы понятием барицентр.

Для формирования геоэкономической модели овощеводства России примем следующие допущения;

а) субъекты РФ имеют определенную географическую территорию с административными центрами (рис. 1), который имеет географические координаты [2]. В рассмотрение включим данные 77 субъектов РФ, за исключением новых территорий (отсутствует полная информация) и отдельных субъектов-городов Москва и Санкт-Петербург (сомнения по достоверности информации);

б) в границах субъекта РФ ежегодно производится определённый объем (вес в центнерах) овощей (рис. 2), который можно привязать к географическим координатам административного центра субъекта [3]. Анализируя рисунок 2, заметим, что сбор продукции овощеводства в ряде районов, таких как Республика Дагестан (Махачкала), Волгоградская область (Волгоград), Астраханская область (Астрахань) значительно выделяются по значениям показателей;

в) рассматривая систему административных центров субъектов с привязанными годовыми объемами



Рис. 1. Распределение центров субъектов РФ
Fig. 1. Distribution of centers of the subjects of the Russian Federation

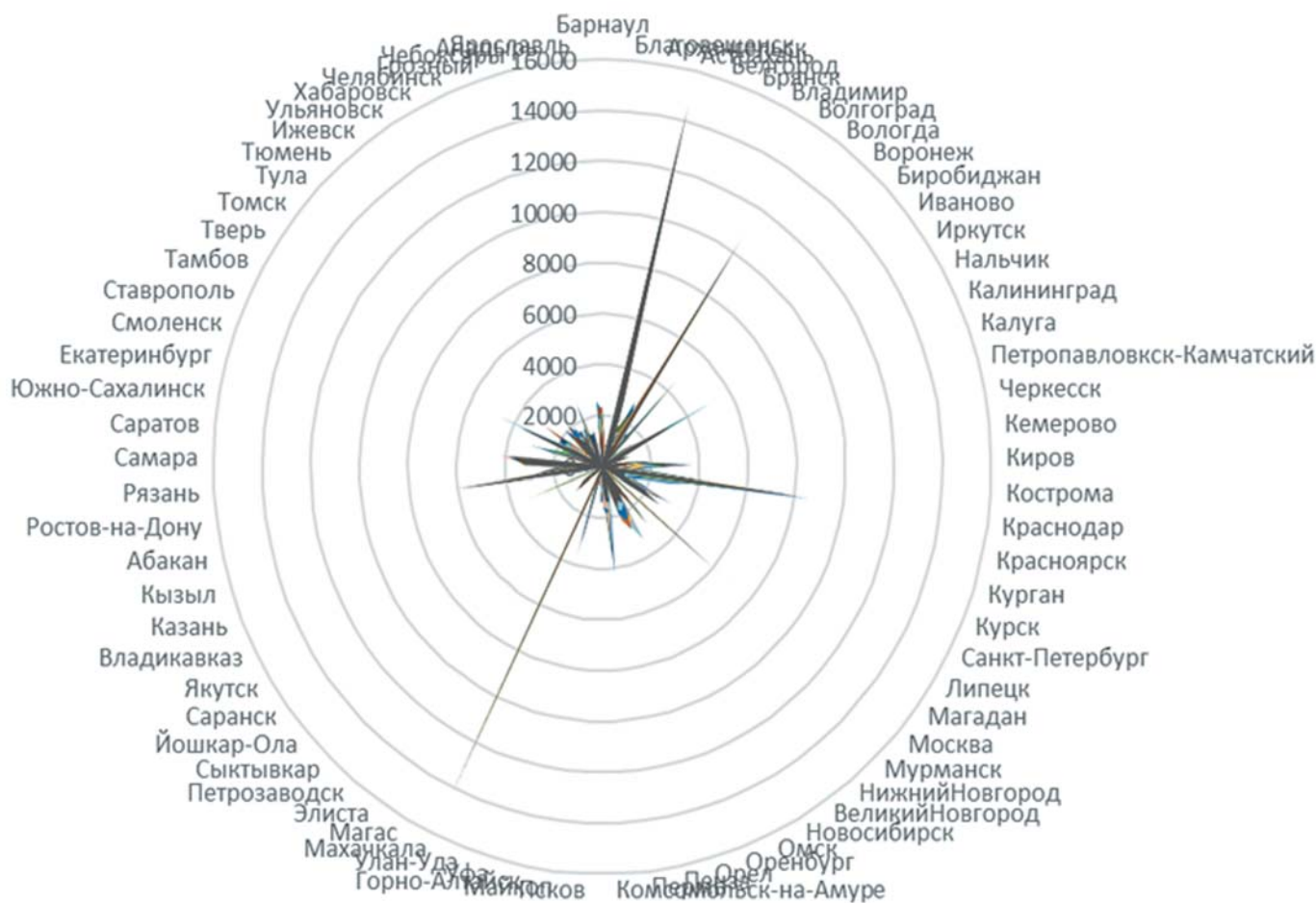


Рис. 2. Объемы производства овощей по субъектам РФ, млн ц/год
Fig. 2. Vegetable production by subjects of the Russian Federation, million centners/year

(весом) продукции овощеводства как систему разновзвешенных и географически распределенных объектов системы, можно определить географические координаты барицентра системы по известным формулам (1 и 2):

$$X = (\sum_{n=1}^n (x_n b_n)) / (\sum_{n=1}^n (b_n)), \quad (1)$$

где X – географическая долгота барицентра, градус;
 x_n – географическая долгота n - субъекта РФ, градус;
 b_n – вес овощей n - субъекта РФ, миллион ц;
 n – количество субъектов РФ, ед.

$$Y = (\sum_{n=1}^n (y_n b_n)) / (\sum_{n=1}^n (b_n)), \quad (2)$$

где Y – географическая долгота барицентра, градус;
 y_n – географическая долгота n - субъекта РФ, градус;
 b_n – вес овощей n - субъекта РФ, миллион ц;
 n – количество субъектов РФ, ед.

г) введем понятие среднерегионального объема овощей для барицентра овощеводства (3), т.е. среднеарифметическое значение веса овощей, выращиваемых в субъекте РФ:

$$B = (\sum_{n=1}^n (b_n)) / n, \quad (3)$$

где B – среднерегиональный вес овощей барицентра, миллион ц;
 b_n – вес овощей n - субъекта РФ, миллион ц;
 n – количество субъектов РФ, ед.

Результаты исследования

Воспользуемся статистическими данными Росстат по валовому сбору овощей защищенного и открытого грунта по всем категориям хозяйств по субъектам Российской Федерации за период 1991-2021 годы [3] и данными по географическим координатам [2]. Используя ранее предложенные формулы (1-3), проведем расчеты в табличном процес-

соре MS Excel, полученные результаты представим в виде диаграмм (рис 3-5).

Анализ динамики среднерегионального объема овощеводства (рис. 3) демонстрирует наличие тенденции к увеличению уровня производства овощей в полтора раза за тридцатилетие (1991-2021) при перемещении барицентра овощеводства южнее на 3,5 градуса. Примерно на две с половиной сотни километров для этого значения широты. Или на 8,8% общей протяженности России с севера на юг (если принять координаты южной точки России 41° с.ш., а северной – 81° с.ш.). Также отметим, что движение барицентра овощеводства на один градус южнее дает прирост среднерегионального сбора овощей на 124,11 млн ц в год, или общероссийского более чем на 9500 млн ц (как произведение значения среднерегионального сбора на количество 77 рассматриваемых регионов).

Анализ динамики среднерегионального объема овощеводства (рис. 4) демонстрирует наличие тенденции к увеличению уровня производства овощей в полтора раза за тридцатилетие (1991-2021) при перемещении барицентра овощеводства западнее на 4,5 градуса. Примерно на три сотни километров для этого значения долготы. Или на 3% общей протяженности России (если принять координаты западной точки России 19° в.д., а восточной – 169° в.д.) Также отметим, что движение барицентра овощеводства на один градус западнее дает прирост среднерегионального сбора овощей на 86,5 млн ц в год, или общероссийского более чем на 6660 млн ц в год (как произведение значения среднерегионального сбора овощей на количество 77 рассматриваемых регионов).

Исследуя динамику координат барицентра овощеводства (рис. 5) за тридцатилетие (1991-2021), отметим две противоположных тенденции развития овощеводства. В период с 1991 по 2000 годы движение овощеводства шло в направлении северо-востока, в период 2000 по 2021 годы – наоборот, на юго-запад. Подобная динамика может быть связана как со сложной политической ситуацией на юго-западе России, в

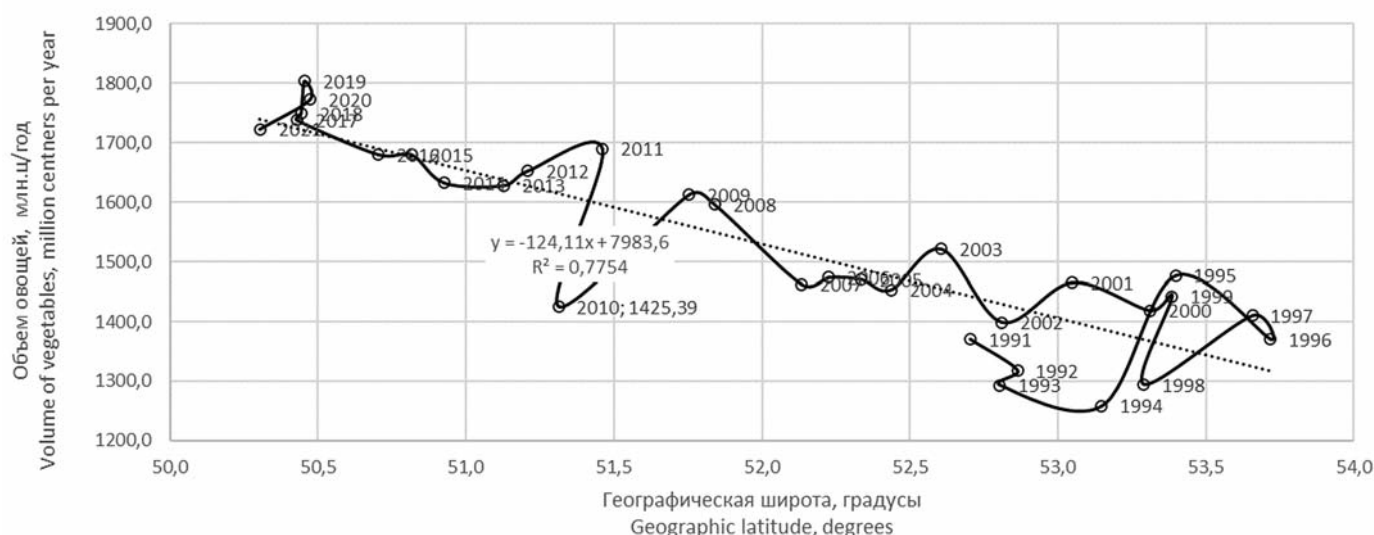


Рис. 3. Динамика среднерегионального объема овощеводства РФ (1991-2021 годы)
 Fig. 3. Dynamics of the average regional volume of vegetable production in the Russian Federation (1991-2021)

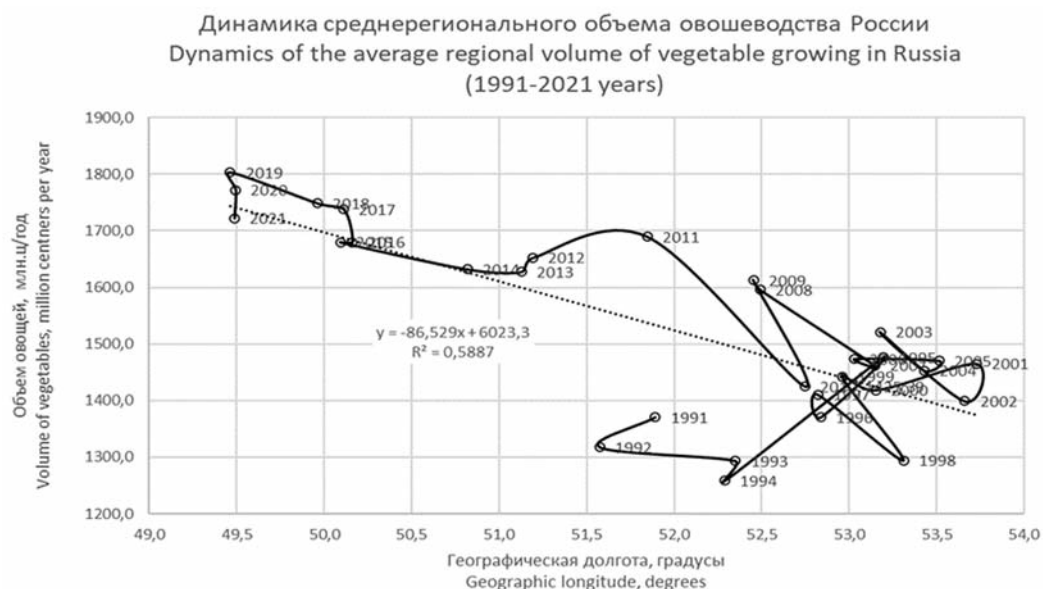


Рис. 4. Динамика среднерегионального объема овощеводства РФ (1991-2021 годы)
Fig. 4. Dynamics of the average regional volume of vegetable production in the Russia (1991-2021)

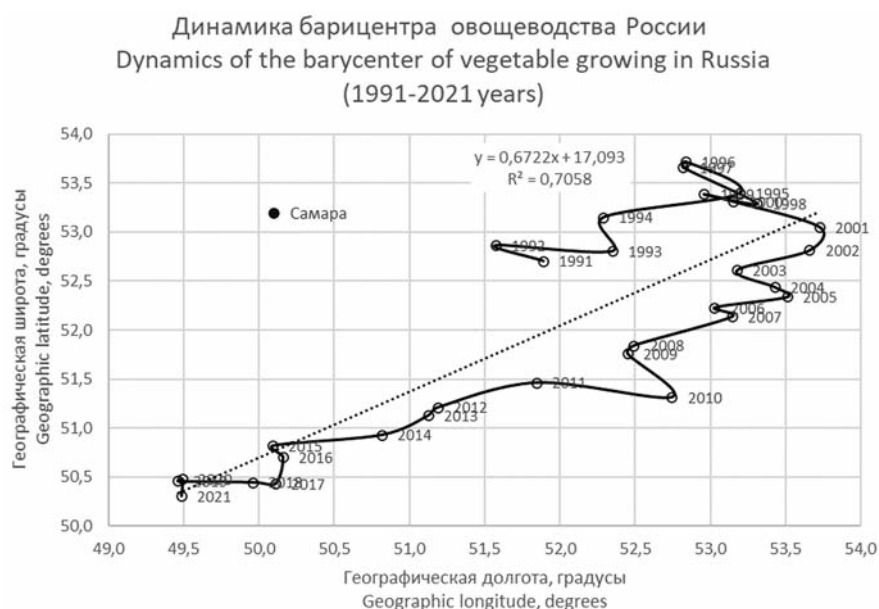


Рис. 5. Динамика барицентра овощеводства РФ (1991-2021 годы)
Fig. 5. Dynamics of the barycenter of vegetable production in the Russia (1991-2021)

частности, с Северокавказским конфликтом [5], так и сменой государственной политики. Район флуктуации координат барицентра овощеводства лежит в зоне Самарской и Оренбургской областей. При этом наблюдается стабильный тренд движения центра овощеводства на юго-запад. Данный вывод подтверждает ранее полученные результаты исследований о направления развития овощеводства России [4]. Текущее позиция барицентра овощеводства около 50,3 градусов северной широты и 49,5 градусов восточной долготы.

Зная координаты барицентра овощеводства, несложно укрупненно определить примерные пропорции ежегодного сбора овощей по частям территорий. Например, координата долготы западной точки России 19 градусов, а восточной – 169 градусов. Таким образом, пользуясь методом геометрического подобия, рассчитаем пропорцию западного/восточного сбора относительно барицентра как $(169-50)/(50-19)=3,8$ раза, т.е. в 3,8 раза больше собирается овощей запад-

нее барицентра относительно восточной части. И для севера/юга $(81-50)/(41-50)=3,4$ раза больше собирается овощей южнее барицентра, относительно северной части.

Дискуссия и заключение

Несмотря на простоту и доступность, описанный метод в определении тренда развития овощеводства России имеет ряд недостатков. Погрешность в первоначальных данных определяется как погрешностью в координатах геометрического центра и административного субъекта, так и использовании градусной координатной сетки. В последнем случае, имеется значительное отклонения значения географического градусного измерения в километровом измерении в зависимости от уровня широты и долготы. Вместе с тем, предложенный метод и полученные результаты позволяют наглядно выявить и продемонстрировать современный тренд развития овощеводства на территории России.

Заключение

1. Положение барицентра овощеводства России на 2021 год – 50,30° с.ш. и 49,49° в.д. со среднерегиональным годовым сбором 1722,52 млн ц/год. Флуктуация координат барицентра лежит в зоне 3-4 географических градусов или трехсот территориальный километр с выраженным юго-западным трендом.

2. За период 1991-2021 годов наблюдается незначительное перемещение барицентра овощеводства южнее на 3,5 градуса, что дает прирост среднерегионального сбора овощей на 124,11 млн ц/год на каждый градус (или общероссийского более чем на 9500 млн ц/год на каждый градус южнее).

3. За период 1991-2021 годов наблюдается незначительное перемещение барицентра овощеводства западнее на 4,5 градуса, что дает прирост среднерегионального сбора овощей на 86,5 млн ц в год на градус (или общероссийского более чем на 6660 млн ц/год на каждый градус западнее).

4. За период 1991-2021 годов отмечаются две противоположных тенденции развития овощеводства. В период с 1991 по 2000 годы движение овощеводства шло в направлении северо-востока России, в период 2000 по 2021 годы – наоборот, на юго-запад. Вероятно, это связано как со сложной политической ситуацией на юго-западе России в периодом 1991-2000 годов, в частности, с Северокавказским конфликтом, а в период 2000-2021 годов – сменой государственной политики.

• Литература

1. Королькова А.П., Кузнецова Н.А., Иванова М.И., Шатилов М.В., Ирклов И.И., Ильина А.В., Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е. Экономические аспекты развития овощеводства России. Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. 204 с. ISBN 978-5-7367-1665-4. <https://elibrary.ru/lfuthi>
2. Гиш Р.А. Овощеводство открытого грунта юга России. Состояние и тенденции развития. *Овощи России*. 2021;(4):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>
<https://elibrary.ru/hkcmca>
3. Комшанов Д.С., Павлова А.И., Павлов И.Н. Тенденции в развитии овощеводства России. *Московский экономический журнал*. 2021;(10):19. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2021-10638>
<https://elibrary.ru/msdywy>
4. Каурова О.В., Малолетко А.Н., Балалова Е.И., Ткач А.В. Развитие овощеводства в различных организационно-хозяйственных формах экономических регионов России. *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики*. 2021;(4):89-97. <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2021-4-89-97>
<https://elibrary.ru/jqfltr>
5. Тарасова А.А., Галеев М.М. Современное состояние и тенденции развития рынков картофеля и овощей. *Вестник аграрной науки*. 2021;6(93):131-138. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.131>
<https://elibrary.ru/ikqtm1>
6. Разин А.Ф., Мещерякова Р.А., Шатилов М.В., Сурихина Т.Н. Производство овощей в условиях ВТО и санкций. *Экономика сельского хозяйства России*. 2020;(11):40-45. <https://doi.org/10.32651/2011-40>
<https://elibrary.ru/mmfsyz>
7. Князева О.П., Акмаров П.Б., Сошин Н.А. Особенности развития овощеводства в условиях цифровой трансформации отрасли. *Наука Удмуртии*. 2023;1(100):15-23. <https://elibrary.ru/uocgtq>
8. Татарнинова М.Н. Драйверы и тренды развития тепличного овощеводства в России. *Экономика сельского хозяйства России*. 2020;(4):64-68. <https://doi.org/10.32651/204-64>
<https://elibrary.ru/qfvipt>
9. Ибрагимов М.Т.А., Ибрагимова Н.А. Геоэкономическая составляющая потенциала развития регионального АПК. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2013;4(38):121-131. <https://elibrary.ru/rvfkvj>
10. Воронин Б.А., Чупина И.П., Воронина Я.В., Зарубина Е.В., Журавлева Л.А. Экономико-правовые проблемы возрождения в отдельных сельских территориях деятельности аграрных организаций. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2020;10(11-1):307-318. <https://doi.org/10.34670/AR.2020.60.35.032>
<https://elibrary.ru/tunnssy>
11. Самыгин Д.Ю., Иванов А.А. Территориальное размещение и стратегическое развитие агропродовольственного сектора. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023;(5):115-133. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-5-115-133>
<https://elibrary.ru/yqewwww>
12. Якунина З.В. Пространственная организация производства картофеля и овощей в стране. *Russian Journal of Management*. 2023;11(2):200-206. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2023-11-2-200-206>
<https://elibrary.ru/dfpbvq>

• References

1. Korolkova A.P., Kuznetsov N.A., Ivanova M.I., Shatilov M.V., Irkov I.I., Ilyina A.V., Kuzmin V.N., Marinchenko T.E. Economic aspects of development of vegetable growing in Russia. Moscow : Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2021. 204 p. ISBN 978-5-7367-1665-4. (In Russ.) <https://elibrary.ru/lfuthi>
2. Gish R.A. Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>
<https://elibrary.ru/hkcmca>
3. Komshanov D.S., Pavlova A.I., Pavlov I.N. Trends in development of vegetable farming in Russia. *Moscow Economic Journal*. 2021;(10):19. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2021-10638>
<https://elibrary.ru/msdy19wy>
4. Kaurova O.V., Maloletko A.N., Balalova E.I., Tkach A.V. Development of vegetable growing in various organizational and economic forms of the economic regions of Russia. *Fundamental and applied research studies of the economics cooperative sector*. 2021;(4):89-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.37984/2076-9288-2021-4-89-97>
<https://elibrary.ru/jqfltr>
5. Tarasova A.A., Galeev M.M. Current state and development trends of potato and vegetable markets. *Bulletin of agrarian science*. 2021;6(93):131-138. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.131>. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ikqtm1>
6. Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Shatilov M.V., Surikhina T.N. Vegetable production under WTO conditions and sanctions. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020;(11):40-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/2011-40>
<https://elibrary.ru/mmfsyz>
7. Knyazeva O.P., Akmarov P.B., Soshin N.A. Features of the development of vegetable growing under the conditions of digital transformation of the industry. *Science of Udmurtia*. 2023;1(100):15-23. (In Russ.) <https://elibrary.ru/uocgtq>
8. Tatarinova M.N. Drivers and trends in the development of greenhouse vegetables in Russia. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020;(4):64-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/204-64>
<https://elibrary.ru/qfvipt>
9. Ibragimov M.T.A., Ibragimova N.A. The geo-economic component of the development potential of the regional agroindustrial complex. *Regional problems of transforming the economy*. 2013;4(38):121-131. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rvfkvj>
10. Voronin B.A., Chupina I.P., Voronina Ya.V., Zarubina E.V., Zhuravleva L.A. Economic and legal problems of reviving the activities of agricultural organizations in certain rural areas. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2020;10(11-1):307-318. (In Russ.) <https://doi.org/10.34670/AR.2020.60.35.032>
<https://elibrary.ru/tunnssy>
12. Yakunina Z. Spatial organization of potato and vegetable production in the country. *Russian Journal of Management*. 2023;11(2):200-206. (In Russ.) <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2023-11-2-200-206>
<https://elibrary.ru/dfpbvq>

Об авторах:

Тимофей Юрьевич Шабанов – кандидат экономических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-1778-5310>, SPIN-код: 6245-9009, автор для переписки, shabanovtyu@mail.ru

About the Author:

Timofei Yu. Shabanov – Cand. Sci. (Economic), Assistant Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1778-5310>, SPIN-code: 6245-9009, Corresponding Author, shabanovtyu@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-75-83>
УДК: 635.262-021.66

Н.А. Голубкина ^{1*}, В.И. Немтинов ²,
В.И. Терешонок ¹

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

*Автор для переписки:
segolubkina45@gmail.com

Вклад авторов: Голубкина Н.А.: изучение литературы, написание текста и редактирование рукописи. Немтинов В.И.: курирование данных, редактирование рукописи. Терешонок В.И.: участвовал в библиографическом поиске и оформлении рукописи. Все авторы участвовали в написании статьи.

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

Благодарности: Авторы выражают глубокую благодарность Юрьеву А.Н. и Богданову А.В. за активную поддержку и ценные замечания в связи с обсуждением темы обзора.

Для цитирования: Голубкина Н.А., Немтинов В.И., Терешонок В.И. Чеснок и продукты его переработки, перспективы использования. *Овощи России*. 2024;(6):75-83.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-75-83>

Поступила в редакцию: 21.09.2024

Принята к печати: 07.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Nadezhda A. Golubkina ^{1*}, Viktor I. Nemtinov ²,
Vladimir I. Tereshonok ¹

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

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

*Corresponding Author:
segolubkina45@gmail.com

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

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

Acknowledgments: The authors are grateful to Yuryev A.N. and Bogdanov A.V. for their active support and valuable comments in connection with the discussion of the review topic.

For citation: Golubkina N.A., Nemtinov V.I., Tereshonok V.I. Garlic and its processing products, prospects of their utilization. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):75-83. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-75-83>

Received: 21.09.2024

Accepted for publication: 07.11.2024

Published: 29.11.2024

Чеснок и продукты его переработки, перспективы использования

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Чеснок одна из наиболее востребованных сельскохозяйственных культур, отличающаяся высокой пищевой ценностью и уникальным химическим составом, обеспечивающим эффективную защиту организма человека от лидирующих заболеваний века: кардиологических заболеваний и рака.

Материалы и методы. Обзор охватывает наиболее значимые исследования биохимического состава, применения в медицине, питании и растениеводстве чеснока и продуктов его переработки за период с 1988 по 2024 годы на базе работ, опубликованных преимущественно в изданиях Scopus и WoS.

Результаты. Широкий ассортимент продуктов переработки чеснока (свежий, порошок, «зеленый» чеснок, чеснок Laba, мацерат чесночного масла, спиртовой экстракт ('aged garlic extract' AGE) и черный чеснок) определяет многообразие биохимического состава и направленности биологического действия. Возможность применения как чеснока, так и листьев, стрелок и внешних чешуй в медицине и растениеводстве (для повышения урожая и устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам) составляет уникальность этой культуры и возможность осуществления безотходного производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

чеснок, соединения серы, антиоксиданты, медицина, питание, растениеводство.

Garlic and its processing products, prospects of their utilization

ABSTRACT

Relevance. Garlic is one of the most popular agricultural crops characterized by high nutritional value and unique chemical composition providing significant beneficial effect on human health.

Methods. The review summarizes the most significant publications on garlic biochemical composition, utilization in medicine, human nutrition and agriculture for a period from 1988 to 2024 with the predominant utilization of Scopus and WoS publications.

Results. The diversity of garlic processing products (fresh, dry powder, 'Green' garlic, Laba garlic, garlic essential oil macerate, ethanolic extract ('aged garlic extract' AGE) and black garlic) provides the diversity of biochemical composition and the direction of biological effect. The possibility to utilize both garlic bulbs, leaves, stems and peel in medicine and agriculture (for yield and stress resistance improvement) are the most important factors for successful waste free production and wide utilization of garlic.

KEYWORDS:

garlic, sulphur compounds, antioxidants, medicine, nutrition, crop production

Введение

Среди сельскохозяйственных культур чеснок является одним из наиболее популярных продуктов питания благодаря высокой пищевой ценности и уникальным биологическим свойствам, определяющим его лидирующее место среди лекарственных растений [1-3]. По словам знаменитого французского шеф-повара Марселя Булестена (1878-1943) «Мир и счастье в мире начинается там, где в пищу используют чеснок».

Известно, что чеснок выращивали более 5000 лет назад в Египте, Индии и Старом Свете и более 4000 лет в Китае. Ежедневное потребление чеснока было обязательным для строителей великих пирамид Египта, воинов Греции для повышения силы и мужества.

В первую мировую войну чеснок широко использовали как антисептик для предотвращения гангрены. В наши дни общепризнано, что чеснок обладает высокой эффективностью в предотвращении развития атеросклероза и лечении гипертонии, простуды и бронхитов [4]. Достоверно установлено защитное действие чеснока в отношении развития раковых заболеваний, таких как рак пищевода, желудка, прямой кишки, кожи, мозга, предстательной и молочной желез, мочевого пузыря, легких и печени [5-7]. Это растение обладает выраженным антимикробным, анти-тромбическим, гиполипидемическим действием [8-10], стимулирует кровообращение, обладает антистрессовым действи-

Биологически активные соединения чеснока

Широкий спектр биологической активности чеснока связан в первую очередь с высоким содержанием органических производных серы [20]. Среди них лидирующее место занимают аллиин, аллицин, E/Z аджоен, диаллил сульфид (DAS), диаллил дисульфид (DADS), диаллил трисульфид (DATS) и S-аллил-цистеин (SAC) [21] (рис.2). Все эти соединения проявляют защитное действие от рака прямой кишки и рака желудка.

S-Аллил цистеин сульфоксид, или аллиин, является природным антиоксидантом кардио- и нейропротекторного действия. Это соединение способно значительно снижать уровень сахара в крови и регулировать содержание инсулина, триглицеридов и мочевой кислоты. Хорошо известно, что разрушение и измельчение зубков приводит к освобождению фермента аллииназы, катализирующей образование аллицина из аллиина [22]. Биосинтез аллицина может осуществляться из глутатиона и/или серина с образованием промежуточного S-аллил цистеина и аллиина (рис. 3) [23].

Деструкция аллицина приводит к образованию E и Z-аджоенов. Резкий запах чеснока связан с выделением аллицина. Принято считать, что биологическая активность аллицина как в растительных, так и животных клетках определяется его участие в окислительно-восстановительных реакциях с тиольными

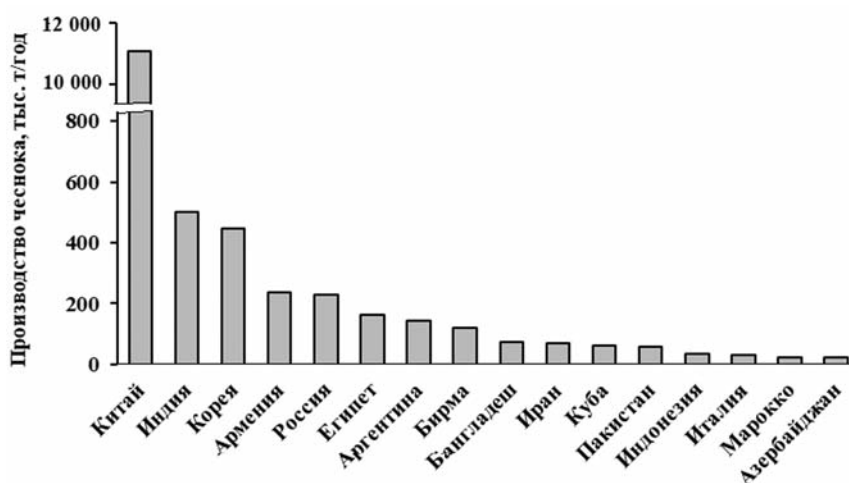


Рис. 1. Основные производители чеснока в мире на 2017 год [19]
Fig. 1. The main garlic producers in the world (2017) [19]

ем, снижает усталость. Благодаря присутствию аллицина и других серу содержащих соединений чеснок относят к природным антибиотикам [11,12]. Чеснок защищает от оксидантного стресса, укрепляет иммунную систему, эффективен при ожирении, снижает уровень сахара в крови и стимулирует выработку инсулина [13-15]. Благодаря высокой антиоксидантной активности и содержанию фитоэстрогенов чеснок улучшает фертильность у мужчин, усиливая сперматогенез [16,17].

Родиной чеснока является Центральная Азия (Туркменистан, Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан), откуда и началось распространение этого растения по всему миру [18].

Важнейшими производителями чеснока являются Китай, Индия и Корея (рис. 1). При этом Китай производит более 80% чеснока в мире.

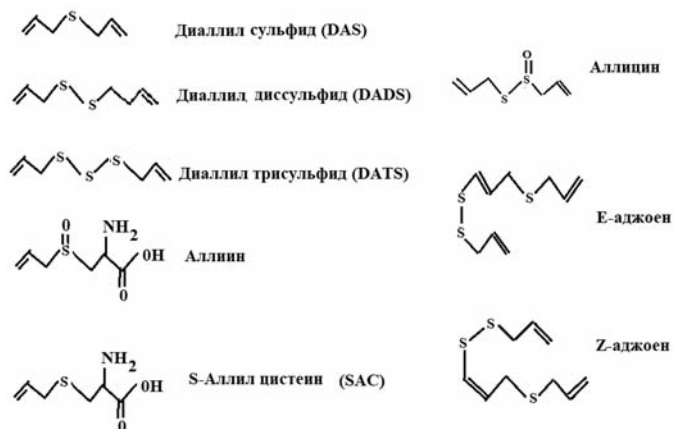


Рис. 2. Основные серосодержащие соединения чеснока
Fig. 2. The main Sulphur derivatives of garlic

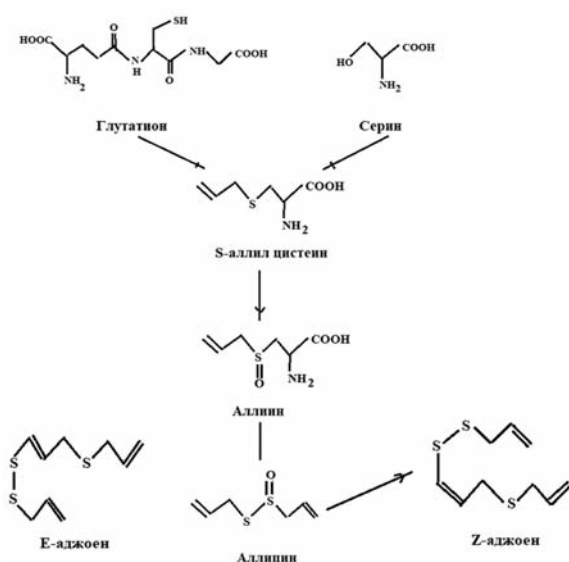


Рис. 3. Биосинтез аллицина, аллиина и аджоена
Fig. 3. Allicine, alliin and ajoene biosynthesis

подавляют перекисное окисление липидов, снижают активность ферментов глюкозидазы и синтазы оксида азота, и регулируют клеточный цикл [25]. Среди фенольных соединений следует указать кофейную кислоту, мирицетин и р-кумаровую кислоту. По данным Šegyová [26], общее содержание фенольных соединений в чесноке в зависимости от сорта и условий выращивания составляет 797.11 – 1183.98 мг-экв ГК/кг с.м., флавоноидов – 15.96 – 28.18 мг-экв. кверцетина/кг с.м. Следует отметить, что химический состав и содержание биологически активных соединений в чесноке, как и в других сельскохозяйственных культурах, определяется сортом, местом выращивания, условиями хранения и технологией переработки.

Продукты и лекарственные препараты чеснока:

В пищу используют в основном луковицы чеснока, однако в странах Азии, на Балканах, а также в Польше большой популярностью пользуются также



Рис. 4. Чеснок и продукты его переработки
Fig. 4. Garlic and its processing products

(SH) группами глутатиона и белков. Аллицин проявляет интенсивное ингибирование пролиферации, или приводит к гибели бактерий и грибов, а также раковых клеток и клеток штаммов, устойчивых к антибиотикам (например, *Staphylococcus aureus*). При низких концентрациях аллицин снижает артериальное давление и уровень холестерина в крови, обеспечивая защиту сердечно-сосудистой системы от воздействия оксидантного стресса. Одним из основных соединений, образуемых при нагревании гомогенизированных зубков чеснока является аджоен, представленный в виде двух E- и Z-изомеров. Аналогично аллицину аджоен проявляет широкий спектр биологического действия, включая антиканцерогенное, антиоксидантное, иммуностимулирующее и противовоспалительное действие. Установлено, что Z-изомер аджоена проявляет более высокую антиканцерогенную активность, чем E-изомер, а замещение концевых аллильных групп на алкильные, ароматические и гетероароматические группы позволяет получать аналоги с повышенной антиканцерогенной активностью [24].

Полифенолы чеснока снижают уровень глюкозы в крови, повышают чувствительность к инсулину и

листья. Более того, в азиатских странах и в Северной Америке в пищу применяют стрелки и молодые побеги [8]. Разнообразие продуктов переработки чеснока представлено на рисунке 4 и в таблице 1.

Доказано, что высокой пищевой ценностью обладают не только луковицы, но также молодые листья и стрелки. При этом уровень аллицина в листьях или равен, или даже превышает содержание аллицина в луковицах [27], а аромат листьев имеет более нежный оттенок, чем аромат зубков. Стрелки чеснока используют для приготовления картофеля-фри. В условиях хранения при 0-4 °C и влажности 80-90% содержание аллицина в зубках [28] и стрелках чеснока [29] возрастает, хотя уровень полифенолов снижается. Полученные результаты подтверждают возможность хранения стрелок в указанных условиях в течение полугода без существенного снижения качества продукции. Для снижения потерь биологически активных соединений в стрелках в процессе хранения стрелки чеснока не следует измельчать.

Так называемый «Зеленый чеснок», получаемый при обработке луковиц уксусной кислотой, широко исполь-

Таблица 1. Препараты чеснока и методы их приготовления
Table 1. Garlic food products and methods of their preparation

Продукт Product	Способ приготовления Method of preparation	Литература References
Мацерат чесночного масла Garlic oil macerate	Гомогенат чеснока медленно экстрагируют соевым или другим растительным маслом (1.2 г/мл) в течение 30 дней при комнатной температуре, после чего фильтруют. Такой продукт содержит винилдитиины, аллил сульфиды и аджоен	[30]
Экстракт выдержанного чеснока Aged garlic, AGE	Чеснок в 15-20% этаноле выдерживают в течение 20 месяцев при комнатной температуре. Экстракт фильтруют и концентрируют при низкой температуре. Продукт поступает в продажу как в виде экстракта, так и в виде порошка. В процессе хранения γ -глутамил-S-аллилцистеин превращается в S-аллилцистеин (SAC) под действием γ -глутамил трансферазы.	[31,32]
Эссенциальное масло чеснока Garlic essential oil	Гидродистилляция высушенного/лиофилизованного чеснока. Продукт содержит значительные количества соединений серы (84.3–98.9%) в частности, диаллил трисульфид (37.3–45.9%), диаллил лисульфид (17.5–35.6%) и метил аллил трисульфид (7.7–10.4%)	[33]
Черный чеснок Black garlic	Свежий чеснок выдерживают при 80 °C в течение 22 дней в условиях 80% влажности	[34]
Чеснок Laba Garlic Laba	Чеснок выдерживают в уксусе при соотношении 1:3 в течении двух недель при 4 °C.	[35]
Зеленый чеснок Green garlic	Разрезанный чеснок выдерживают 30 минут при комнатной температуре, затем вымачивают в 5% уксусе при 50 °C в течение часа, и затем выдерживают при 80 °C в течение 30 минут	[36,37]

зуется в качестве приправы в странах Центральной и Южной Америки, Европе, северной Африки, Азии и Китая. Как правило, «Зеленый чеснок» используют в приготовлении супов или горячих блюд. Интенсивность чесночного запаха варьирует в зависимости от стадии развития растения и метода кулинарной переработки. «Зеленый» чеснок является мощным антидиабетическим и кардиопротекторным агентом, способным восстанавливать уровень инсулина и снижать избыточное содержание липидов. «Зеленый чеснок» является гепатопротектором и обладает иммуномодулирующим и противовоспалительным действием, а также ингибирует пролиферацию раковых клеток. Антидиабетические и кардиопротекторные свойства чеснока особенно важны для диабетиков, поскольку чеснок содержит фрукто-олигосахариды, замещающие обычный сахар в крови [38].

В чесноке Laba содержание большинства первичных метаболитов (органические кислоты, а также аминокислоты: L-лейцин, L-пролин, D-фруктоза, D-глюкоза и эритритол) возрастает в процессе приготовления и достигает максимума через 12 дней, что, по-видимому, является причиной более сладкого и кислого вкуса конечного продукта. Кроме того, содержание 15 идентифицированных полифенолов в чесноке Laba также значительно увеличивается в этот период [39].

Каждый продукт переработки чеснока характеризуется особым профилем серу содержащих соединений. Эссенциальное масло чеснока используют в биологически активных добавках, жидкостях для полоскания рта и фумигантах. На рынках мира присутствует порошок чеснока, эссенциальное чесночное масло, спиртовой экстракт ('aged garlic') и мацерат чесночного масла, черный чеснок [40].

Стероидные сапонины чеснока способны образовывать устойчивую пену при встряхивании с водой, а также проявляют гемолитическую активность и обладают горьким вкусом. Эти соединения лукович используют для приготовления жидкого мыла. β -Хлорогенин-стероидный сапонин чеснока, – применяют в кремах и блестках для кожи. Сапонины чеснока эффективны в борьбе с атеросклерозом [41]. Помимо использования в качестве пряности, чеснок добавляют в пищу также для повышения сохранности продуктов.

Аналогично сырому чесноку, выше указанные продукты, эффективно останавливают развитие атеросклероза, снижают артериальное давление и агрегацию тромбоцитов, предотвращая образование тромбов, уменьшая риск ишемической болезни сердца и предотвращая инфаркты, снижают риск различных видов рака, таких как рак толстой и прямой кишки, молочной железы, простаты, легких. Эссенциальное масло чеснока эффективно при атеросклерозе, аритмии, гипертрофии и ишемически реперфузионного повреждения, а также снижает перекисное окисление липидов. Кардиопротекторное действие чеснока и его продуктов может быть также связано с регулированием ионных каналов, ингибированием гистон деацетилазы и цитохрома P450. Применение продуктов переработки чеснока эффективно при доброкачественной гиперплазии предстательной железы, онкологических заболеваниях, диабете, остеоартрите, аллергическом рините, диарее, грибковых инфекциях, гипертонии на поздних сроках беременности (преэклампсии), простуде и гриппе. Они используются для повышения иммунитета, от укусов клещей и змей. Продукты переработки чеснока проявляют тонизирующее действие, защищая от

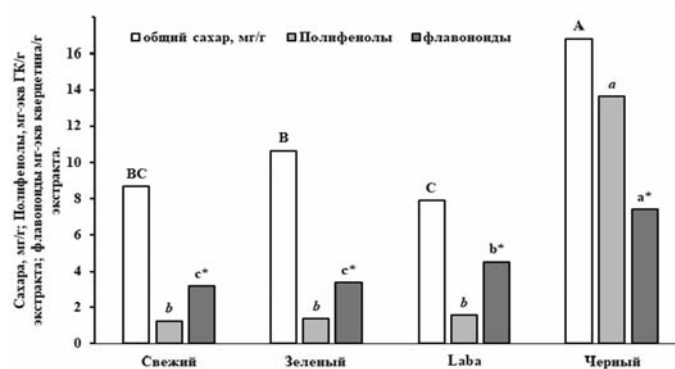


Рис. 5. Различия в накоплении сахаров, полифенолов и флавоноидов чесноком разного приготовления.

Значения для флавоноидов увеличены в 10 раз [35]
Fig. 5. Differences in sugar, polyphenol and flavonoid accumulation by different garlic products.
Flavonoid values are increased 10 times [35]

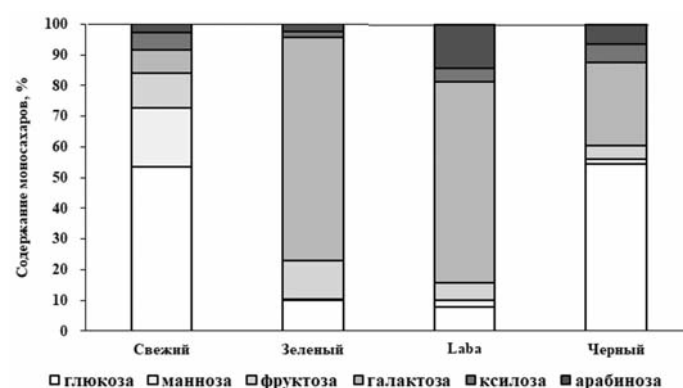


Рис. 6. Моносахаридный профиль чеснока

разного приготовления [33]

Fig. 6. Monosaccharide profile of garlic preparations [33]

стрессов и быстро восстанавливая организм после интенсивной нагрузки. Чесночное масло применяют при грибковых заболеваниях кожи, для удаления бородавок и мозолей, стригущем лишае и микозе.

Различия в содержании сахаров, полифенолов и флавоноидов в сыром и черном чесноке, зеленом чесноке и чесноке Laba представлены на рисунках 5,6 и в таблице 2.

Данные рисунка 6 показывают принципиальные различия в профиле сахаров и полифенолов различных продуктов переработки чеснока, причем, наибольшее количество сахара и полифенолов характерно для черного чеснока. Оценка сахарного профиля продуктов переработки чеснока свидетельствует о преобладании глюкозы в свежем чесноке, галактозы в зеленом чесноке и чесноке Laba, и глюкозы и галактозы в черном чесноке.

Состав сульфо-соединений также специфичен для каждого продукта переработки чеснока (табл.2).

Следует отметить, что технология приготовления черного чеснока (длительное хранение при повышенной температуре и высокой влажности) оказывает наибольшее влияние как на биологическую активность продукта, так и изменение биохимического состава. Специфический профиль серу содержащих соединений, многократное возрастание содержания полифенолов и моносахаров обеспечивают аномально высокие антиоксидантную активность, противовоспалительное, гепатопротекторное, гиполипидемическое, противораковое, антиаллергическое и иммуномодулирующее действие. Черный чеснок является эффективным средством против ожирения и нейродегенеративных изменений. В процессе приготовления черного чеснока происходит превращение фруктанов в моносахариды (в основном глюкозу и фруктозу), ди- и олигосахариды с

Таблица 2. Основные биологически активные вещества чеснока и продуктов его переработки
Table 2. The main biologically active compounds of garlic and its products

Чеснок и продукты его переработки Garlic and its products	Биологически активные вещества Biologically active compounds	Литература References
Луковицы, листья, стрелки Bulbs, leaves, stems	Аллицин, аллиин, полифенолы	[27]
Чеснок Laba/зеленый чеснок Laba and Green garlic	Т-транс-ферулоил тирамин, пептиды, сапонины, органические соединения серы	[35]
Эссенциальное масло чеснока Garlic essential oil	аджоен, DAS, DADS, DATS Выход масла 0.09-0.35%	[40]
Мацерат чесночного масла Garlic oil macerate	Жирорастворимые сульфо соединения продукты разложения аллицина, такие как дитионы, аджоен, сульфиды, небольшое количество аллиина	[30]
Порошок чеснока Garlic powder	Около 1% Аллиина и небольшое количество жирорастворимых сульфо соединений	[21]
Экстракт выдержанного чеснока Aged garlic extract, AGE	Водорастворимые соединения (такие как SAC, S-аллил меркапто цистеин или сапонины), небольшое количество жирорастворимых сульфо соединений	[42] [32]
Черный чеснок Black garlic	аллицин (5.813%), аллиин (4.993%), изоаллиин (3.77%), циклоаллиин (3.163%), (-) S-аллил-L-цистеин (2.022%)	[43]

участием фруктан экзогидролазы, резко возрастает общее содержание сахаров. Отмечается также, что в продукте значительно возрастает содержание SAC, уровень которого может превышать содержание этого соединения в свежем чесноке в 8 раз [43].

Внешние чешуи

Внешние и внутренние чешуи, составляют около 23% от общей массы луковицы и в большинстве случаев являются отходами производства чеснока. В то же время биохимический анализ внешних чешуй чеснока свидетельствует о высокой биологической активности и целесообразности разработки условий их эффективного использования (табл. 3).

Установлено, что добавление внешних чешуй чеснока в корм белуги приводит к достоверному возрастанию содержания гемоглобина и активности пищеваритель-

оксидантные и противомикробные свойства, обладая мощной антирадикальной активностью [49,55]. Согласно данным Singiri [54] в чесноке внешние чешуи интенсивно ингибируют прорастание зубков в отличие от внутренних чешуй. Внешние и внутренние чешуи чеснока содержат аллелопатические соединения, которые селективно ингибируют прорастание семян *S. alba* и развитие *B. juncea*,

Отходы производства чеснока содержат также антистрессовые белки и ферменты, такие как хитиназы, протеазы и нуклеазы, накапливающиеся преимущественно во внешних чешуях, в то время как внутренние чешуи не имеют нуклеаз, а протеазы отсутствуют в зубках [56].

Внешние чешуи содержат многочисленные сахара (рамнозу, маннитол, сорбитол, трегалозу, а также модифицированную аминокислоту – гидроксизин в

Таблица 3. Различия в биохимических показателях луковиц, листьев и внешних чешуй чеснока
Table 3. Differences in biochemical parameters of garlic bulbs, leaves and peel.

Биохимические показатели Biochemical parameters	Внешние чешуи Outer peel	Зубки Bulbs	Молодые листья Young leaves
Углеводы, % на с.м. Carbohydrates, % per d.w.	8.5 [44]	86 [8]	70 [8]
Белок, % на с. М. Protein % per d.w.	2.6 [44]	10 [8]	15-20 [8]
Полифенолы Polyphenols	9.8 мг-экв. ГК/г с.м.	3.7-8.0 мг-экв. ГК/г с.м. [45]	13-15 мг-экв./ хлорогеновой кислоты/г с.м. [8]
АА мг/100 г сух. м. АА, mg/100 g d.w.	-	24	730

АА- аскорбиновая кислота, с. м – сырая масса, сух. м. – сухая масса

ных ферментов [46]. Показаны антиоксидантные и противомикробные свойства этанольного экстракта шелухи чеснока [47]. Перспективным представляется приготовление упаковочных пленок из нано-целлюлозы с добавками порошка внешних чешуй чеснока, что обеспечивает защиту продуктов питания от УФ излучения и микробного заражения *Escherichia coli*, *Streptomyces griseorubens*, *Streptomyces alboriviridis* и *Staphylococcus aureus* [48].

Кожира чеснока содержит значительное количество пектина (около 27%), р-кумаровой, феруловой и синаповой кислот, а также белков, липидов, маннитола и полисахаридов [49]. Важно отметить, что компонентный состав внешних чешуй чеснока сходен с компонентным составом луковиц и содержит аллиин [50], N-транс-кумароилоктопамин и N-транс-ферулоилоктопамин [51], и полифенолы [19,20,49]. Показано, что кожира чеснока может улучшать ферментирование силоса с высоким содержанием влаги. Так, при добавлении внешних чешуй чеснока в силос из *Pennisetum hybridum* возрастало содержание сухого вещества и образование молочной кислоты, снижался pH и содержание аммонийного азота, возрастало содержание *Lactobacillus* бактерий и снижался уровень *Clostridium* [52].

Известно противовоспалительное действие водного экстракта внешних чешуй [53].

Согласно данным Singiri [54] внешние чешуи чеснока выполняет функции механической защиты репродуктивных органов от патогенов и абиотических стрессов, а также служит источником белков и других соединений, необходимых для ускорения роста и развития, борьбы с патогенами и устойчивости к абиотическим стрессам. Известно, что экстракт внешних чешуй лука и чеснока проявляет анти-

существенно более высоких концентрациях, чем в зубках и внутренних чешуях. Гидроксизин является уникальной аминокислотой коллагена позвоночных. Маннитол и сорбитол участвуют в устойчивости растений к стрессам. Предполагают, что сорбитол чешуй чеснока при прорастании становится биодоступным, улучшая прорастание и рост зубков и обеспечивая устойчивость к внешним стрессам [54]. Результаты этих исследований находятся в хорошем согласии с данными, подтверждающими прямую зависимость длины проростков семян лука репчатого от содержания во внешней оболочке семян мощных антиоксидантов: селен содержащих аминокислот селеноцистеина и селенометионина белков [57,58].

С позиций медицины использование внешних чешуй чеснока высоко значимо для снижения уровня сахара в крови, риска сердечно-сосудистых заболеваний и защиты от рака, вирусов, воспалительных процессов и воздействия микробов [59].

Использование в сельском хозяйстве

Антибактериальное действие и ингибирование аллицином прорастания семян и замедление развития корневой системы успешно используется в настоящее время для борьбы с сорняками и повышения урожая особенно в условиях закрытого грунта. Так, обработка семенных растений салата экстрактом чеснока увеличивала семенную продуктивность растений и содержание пролина в семенах, а также приводила к увеличению урожая и антиоксидантного статуса растений, выращенных из этих семян [60]. Показано защитное действие экстракта чеснока при выращивании в закрытом грунте томатов, огурцов,

салата и клубники [61] и высокая эффективность в борьбе с цветочной галлицей лобы [62].

Известно ростостимулирующее действие чеснока и способность защищать растения от патогенов [63,64]. На практике, уборка урожая, хранение и переработка чеснока сопряжены обычно с образованием отходов, включая частично поврежденные луковичи, чье использование в сельском хозяйстве для защиты растений от биотических стрессов может иметь огромное значение. Важно отметить, что воздействие вредных насекомых, патогенов и животных, вызывая биотический стресс, способствует образованию аллицина [65]. Примеры защитного действия чеснока против насекомых-вредителей: зерновки, совки, белокрылки, долгоносика и т.п. приведены на рисунках 7,8.

Противоположная ситуация наблюдалась на стадии личинки. При хранении семян нута, инфицированных зерновкой четырехпятнистой *Callosobruchus maculatus* [70], выявлено более низкое значение LD50 для экстракта чеснока (0.11 г/л), чем для порошка чеснока (9.66 г/кг), что указывает на большую эффективность экстракта чеснока в защите нута от зерновки.

Сок чеснока эффективен для защиты зерна при хранении от комнатной *Musca domestica* и капустной мухи *Delia radicum*, а также кукурузного долгоносика *Sitophilus zeamais*. Установлена также высокая эффективность использования диаллил полисульфидов чеснока для защиты сливы от грушевой листолюбки *Cacopsylla chinensis* и лекарственных растений от *Lycoriella ingéne*, кукурузы от долгоносика *Sitophilus zeamais* [67].

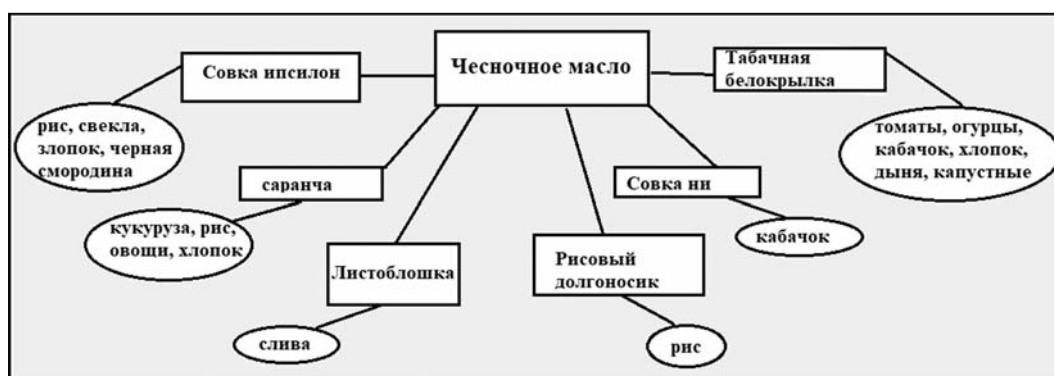


Рис. 7. Использование чесночного масла для защиты растений от вредных насекомых
Fig. 7. Garlic oil utilization in plant protection against herbivory

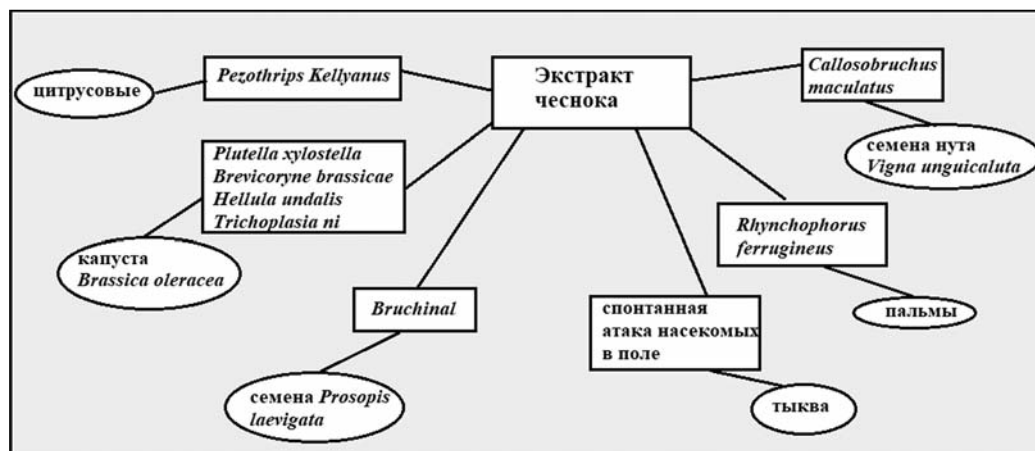


Рис. 8. Использование экстракта чеснока для защиты растений от вредных насекомых
Fig. 8. Garlic extract utilization for plant protection against herbivory

Более того, показано, что внекорневое внесение экстракта чеснока отпугивает чешуйчатого зяблика (*Lonchura punctulata*), значительно снижая потери риса и увеличивая урожай [66].

Мощными инсектицидными свойствами обладает чесночное масло, а аллил дисульфиды и аллил меркаптан чеснока защищают растения от рисового долгоносика [67,68]. Инсектицидные свойства аллил меркаптана основаны на ингибировании ацетил эстеразы у насекомых. Сравнение воздействия сока чеснока на комнатную муху (*Musca domestica*) и капустную корневую муху (*Delia radicum*), свидетельствует о важности фазы развития и межвидовых различий в устойчивости к воздействию чеснока [69]. Так, наименьший уровень LD50 проявлялся на стадии яиц и у взрослых насекомых при существенно более высоких значениях LD50 для *Musca domestica*.

Заключение

Представленные данные обзора исследований по биологическому действию, химическому составу и применению чеснока и продуктов его переработки свидетельствуют о необходимости увеличения производства чеснока, отработки технологий его комплексного использования в пищевой промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Такой подход может обеспечить создание и внедрение новых природных инсектицидов, эффективное увеличение урожая сельскохозяйственных культур в условиях органического земледелия, увеличение рентабельности производства чеснока, снижение уровня отходов при переработке, а также выпуск новых функциональных продуктов питания, обеспечивающих эффективную защиту организма человека от хронических заболеваний и неблагоприятных факторов окружающей среды.

• Литература / References

- De La Cruz M.J., García H.S. Garlic: postharvest operations. *FAO*, 2007.
- Koscielny J., Klüssendorf D., Latza R., Schmitt R., Radtke H., Siegel G., Kieseewetter H. The antiatherosclerotic effect of *Allium sativum*. *Atherosclerosis*. 1999;(144):237-249. [https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(99\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(99)00060-X)
- Campbell J.H., Efendy J.L., Smith N.J., Campbell G.R. Molecular basis by which garlic suppresses atherosclerosis. *J. Nutr.* 2001;(131):1006S-1009S.
- El-Saber Batiha G., Beshbishy A.M., Wasef L.G., Elewa Y.H.A., Al-Sagan A.A., Abd El-Hack M.E., Taha A.E., Abd-Elhakim Y.M., Devkota H.P. Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.): A Review. *Nutrients*. 2020;(12):872. <https://doi.org/10.3390/nu12030872>
- Mondal A., Banerjee S., Bose S., Mazumder S., Haber R.A., Farzaei M.H., Bishayee A. Garlic constituents for cancer prevention and therapy: From phytochemistry to novel formulations, *Pharmacol. Res.* 2022;(175):105837. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105837>
- Aviello G., Abenavoli L., Borrelli F., Capasso R., Izzo A., Lembo F., Romano B. Garlic: Empiricism or science? *Nat. Prod. Commun.* 2009;(4):1785-1796.
- Berginc K., Kristl A. The mechanisms responsible for garlic - drug interactions and their *in vivo* relevance. *Curr. Drug Metab.* 2013;(14):90-101. <https://doi.org/10.2174/138920013804545188>
- Skoczylas J., Jędraszczuk E., Dziadek K., Dacewicz E., Kopeć A. Basic Chemical Composition, Antioxidant Activity and Selected Polyphenolic Compounds Profile in Garlic Leaves and Bulbs Collected at Various Stages of Development. *Molecules*. 2023;(28):6653. <https://doi.org/10.3390/molecules28186653>
- Bayan L., Koulivand P.H., Gorji A. Garlic: A review of potential therapeutic effects. *Avicenna J. Phytomed.* 2014;(4):1-14.
- Fesseha H., Goa E. Therapeutic value of garlic (*Allium sativum*): A Review. *Adv. Food Technol. Nutr. Sci. Open J.* 2019;(5):107-117.
- Kuttan G. Immunomodulatory effect of some naturally occurring sulphur-containing compounds. *J. Ethnopharmacol.* 2000;(72):93-99.
- Torres K.A.M., Lima S.M.R.R., Torres L.M.B., Gamberini M.T., Silva Junior P.I.D. Garlic: An Alternative Treatment for Group B *Streptococcus*. *Microbiol. Spectr.* 2021;(9):e0017021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1149854/v1>
- Lee J., Gupta S., Huang J.-S., Jayatilaka P., Lee B.-S. HPLC-MTT assay: Anticancer activity of aqueous garlic extract is from allicin. *Anal. Biochem.* 2013;(436):187-189. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2013.01.033>
- Ashfaq F., Ali Q., Haider M.A., Hafeez M.M., Malik A. Therapeutic activities of garlic constituent phytochemicals. *Biol. Clin. Sci. Res. J.* 2021;(2021):7. <https://doi.org/10.47264/bcsrj0201007>
- Tapiero H., Townsend D.M., Tew K.D. Organosulfur compounds from alliaceae in the prevention of human pathologies. *Biomed Pharmacother.* 2004;(58):183-193. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2004.01.004>
- Nasr A.Y. The impact of aged garlic extract on adriamycin-induced testicular changes in adult male Wistar rats. *Acta Histochem.* 2017;(119):648-662. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2017.07.006>
- Hammami I., Nahdi A., Atig F., Kouidhi W., Amri M., Mokni M. Effects of garlic fractions consumption on male reproductive functions. *J. Med. Food.* 2013, 16, 82-87. <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0335>
- Rivlin R.S. Historical Perspective on the Use of Garlic. *J. Nutr.*, 2001, 131(3), 951S-954S. doi:10.1093/jn/131.3.951S
- Kallel F., Ellouz S.E. Perspective of Garlic Processing Wastes as Low Cost Substrates for Production of High-Added Value Products: A Review. *Environ. Prog. Sust. Energy.* 2017;36(6):12649. <https://doi.org/10.1002/ep.12649>
- Kallel F., Driss D., Chaari F., Belghith L., Bouaziz F., Ghorbel R. Garlic (*Allium sativum* L.) husk waste as a potential source of phenolic compounds: influence of extracting solvents on its antimicrobial and antioxidant properties. *Ind. Crop Prod.* 2014;(62):34-41. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.047>
- Shang A., Cao S.Y., Xu X.Y., Gan R.Y., Tang G.Y., Corke H., Mavumengwana V., Li H.B. Bioactive Compounds and Biological Functions of Garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*. 2019;8(7):246. <https://doi.org/10.3390/foods8070246>
- Borlinghaus J., Albrecht F., Gruhlke M.C.H., Nwachukwu I.D., Slusarenko A.J. Allicin: Chemistry and Biological Properties. *Molecules*. 2014;(19):12591-12618. <https://doi.org/10.3390/molecules19081259>
- Wanyika H.N., Gachanja A.N., Kenji G.M., Keriko J.M., Mwangi A.N. A rapid method based on UV spectrophotometry for quantitative determination of allicin in aqueous garlic extracts. *J. Agric. Sci. Technol.* 2011;(12):77-84.
- Kaschula C.H., Hunter R., Parker M.I. Garlic-derived anticancer agents: Structure and bi-ological activity of ajoene. *Biofactors*. 2010;36(1):78-85. <https://doi.org/10.1002/biof.76>
- Maghal M.H. Garlic Polyphenols: A Diet Based Therapy. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 2019;15(4):11453-11458. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.15.002721>
- Čeryová N., Lidíková J., Pintér E., Šnirc M., Franková H., Ľorbová M., Fedorková S. Total polyphenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *J. Microbiol. Biotech. Food Sci.* 2023;13(1):e9668. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9668>
- Arzanlou M., Bohloul S. Introducing of green garlic plant as a new source of allicin. *Food Chemistry*. 2010;120(1):179-183. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.004>
- Sukkaew P., Tiraumphon A. Effects of storage conditions on allicin content in garlic (*Allium sativum*). *Acta Hortiv.* 2012;(969):209-212.
- Naheed Z., Cheng Z., Wu C., Wen Y., Ding H. Total Polyphenols, total flavonoid, allicin and antioxidant capacities in garlic scape cultivars during controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2017;(131):39-45. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.05.002>
- Staba E.J., Staba J.E., Lash L. A Commentary on the Effects of Garlic Extraction and Formulation on Product Composition. *J. Nutr.* 2001;131(3):1118S-1119S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.3.1118S>
- Lawson L.D. Garlic: a review of its medicinal effects and indicated active compounds. In: Lawson LD, Bauer R, editors. *Phytomedicines of Europe: Chemistry and Biological Activity*. Washington, DC, USA: American Chemical Society. 1998. P. 179-209. (ACS Symposium Series 691).
- Amagase H., Petesch B.L., Matsuura H., Kasuga S., Itakura Y. Intake of garlic and its bioactive components. *J. Nutr.* 2001;131(3s):955S-962S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.3.955s>
- Dziri S., Casabianca H., Hanchi B., Hosni K. Composition of garlic essential oil (*Allium sativum* L.) as influenced by drying method. *J. Ess. Oil Res.* 2014;26(2):91-96; <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.868329>
- Kimura S., Tung Y.C., Pan M.H., Su N.W., Lai Y.J., Cheng K.C. Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. *J. Food Drug Anal.* 2017;(25):62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.003>
- Lu J., Li N., Li S., Liu W., Li M., Zhang M., Chen H. Biochemical Composition, Anti-oxidant Activity and Antiproliferative Effects of Different Processed Garlic Products. *Molecules*. 2023;28(2):804. <https://doi.org/10.3390/molecules28020804>
- Gao X.D., Chen Y., Chen Z.Q., Xue Z.H., Jia Y.N., Guo Q.W., Ma Q.Q., Zhang M., Chen H.X. Identification and antimicrobial activity evaluation of three peptides from laba garlic and the related mechanism. *Food Funct.* 2019;(10):4486-4496. <https://doi.org/10.1039/C9FO00236G>
- Gao X., Xue Z., Ma Q., Guo Q., Xing L., Kumar Santhanam R., Zhang M., Chen H. Antioxidant and antihypertensive effects of garlic protein and its hydrolysates and the related mechanism. *J. Food Biochem.* 2019;(44):13126. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13126>
- Sabater-Molina M., Larqué E., Torrella F., Zamora S. Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *J. Physiol Biochem.* 2009;(65):315-28. <https://doi.org/10.1007/BF03180584>
- Liu J., Guo W., Yang M., Liu L., Huang S., Tao L., Zhang F., Liu Y. Investigation of the dynamic changes in the chemical constituents of Chinese "Laba" garlic during traditional processing. *RSC Adv.* 2018;8(73):41872-41883. <https://doi.org/10.1039/c8ra09657k>
- Verma T., Aggarwal A., Dey P., Chauhan A.K., Rashid S., Chen K.T., Sharma R. Medicinal and therapeutic properties of garlic, garlic essential oil, and garlic-based snack food: An updated review. *Front Nutr.* 2023;(10):1120377. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1120377>
- Miao Q., Wang R., Bai D., Xue X., Xu J., Sun X., Liu L. Antiatherosclerosis Properties of Total Saponins of Garlic in Rats. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2020;27:2020:3683659. <https://doi.org/10.1155/2020/3683659>
- Kodera Y., Kurita M., Nakamoto M., Matsutomo T. Chemistry of aged garlic: Diversity of constituents in aged garlic extract and their production mechanisms via the combination of chemical and enzymatic reactions. *Exp Ther Med.* 2020;19(2):1574-1584. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8393>
- Ahmed T., Wang C.-K. Black Garlic and Its Bioactive Compounds on Human Health Diseases: A Review. *Molecules*. 2021;(26):5028. <https://doi.org/10.3390/molecules26165028>
- Azmat F., Imran A., Islam F., Afzaal M., Zahoor T., Akram R.,

- Aggarwale S., Rehman M., Naaz S., Ashraf S., Hussain G., Suleriag H.A.R., Alih Q., Bibia M., Batoola F., Gula F., Amjad N., Shah M.A. Valorization of the phytochemical profile, nutritional composition, and therapeutic potentials of garlic peel: a concurrent review. *Int. J. Food Properties*. 2023;26(1):2642–2655. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2251713>
45. Голубкина Н.А., Середин Т.М., Кошеваров А.А., Шило Л.М., Баранова Е.В., Павлов Л.В. Порошок чеснока, обогащенного селеном. *Микроэлементы в медицине*. 2018;19(1):43–50. <https://www.elibrary.ru/osozcb> <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2018-19-1-43-50> [Golubkina N.A., Seredin T.M., Koshevarov A.A., Shilo L.M., Baranova H.V., Pavlov L.V. Powder of garlic fortified with selenium. *Trace elements in Medicine*. 2018;19(1):43–50. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/osozcb> <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2018-19-1-43-50>]
46. Chitsaz H., Orazi H., Amirkolaie A.K., Akrami R. Effect of garlic peel on haematological, biochemical and digestive enzyme activity in beluga juvenile (Huso huso). *Iranian J. Aquac. Animal Health*. 2018;4(1):13–28.
47. Ifesan B.O.T., Fadipe E.A. Investigation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Garlic Peel Extract (*Allium sativum*) and Its Use as Natural Food Additive in Cooked Beef. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2014;3(5):711–721. <https://doi.org/10.9734/JSRR/2014/5726>
48. Salim M.H., Kassab Z., Abdellaoui Y., Garcia - Cruz A.R., Soumare A., Ablouh E., El Achaby M. Exploration of multifunctional properties of garlic skin derived cellulose nanocrystals and extracts incorporated chitosan biocomposite films for active packaging application. *Int. J. Biol. Macromol.* 2022;(210):639–653. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2022.04.220>
49. Ichikawa M., Ryu K., Yoshida J., Ide N., Kodera Y., Sasaoka T., Rosen R.T. Identification of six phenylpropanoids from garlic skin as major antioxidants. *J. Agric Food Chem.* 2003;51(25):7313–7317. <https://doi.org/10.1021/jf034791a>
50. Louis X.L., Murphy R., Thandapilly S.J., Yu L., Netticadan T. Garlic extracts prevent oxidative stress, hypertrophy and apoptosis in cardiomyocytes: a role for nitric oxide and hydrogen sulfide. *BMC Complement Altern. Med.* 2012;(12):140. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-140>
51. Wu Z., Li J., Guo D., Guan Q., Li H. Two cinnamoyloctopamine antioxidants from garlic skin attenuates oxidative stress and liver pathology in rats with non-alcoholic steatohepatitis. *Phytomedicine*. 2015;(22):178–182. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.11.013>
52. Chen J., Huang G., Xiong H., Qin H., Zhang H., Sun Y., Dong X., Lei Y., Zhao Y., Zhao Z. Effects of Mixing Garlic Skin on Fermentation Quality, Microbial Community of High-Moisture *Pennisetum hybridum* Silage. *Front. Microbiol.* 2021;(12):770591. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.770591>
53. Kang M.S., Jang H.J., Kim J.M., Jo H.J., Park K.M., Chung Y.-H., Han D.-W. (2024), Evaluation of Anti-inflammatory Activity of Garlic Extracts in 3D Bioprinted Skin Equivalents. *Adv. NanoBiomed. Res.* 2024;(4):2400007. <https://doi.org/10.1002/anbr.202400007>
54. Singiri J.R., Swetha B., Ben-Natan A., Grafi G. What Worth the Garlic Peel. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(4):2126. <https://doi.org/10.3390/ijms23042126>
55. Phan A.D.T., Netzel G., Chhim P., Netzel M.E., Sultanbawa Y. Phytochemical characteristics and antimicrobial activity of Australian grown garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. *Foods*. 2019;(8):358. <https://doi.org/10.3390/foods8090358>
56. Kallel F., Ellouz S.C. Biovalorization of Garlic Waste to Produce High Value-Added Products. In book: Roots, Tubers, and Bulb Crop Wastes: Management by Biorefinery Approaches. 2024. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8266-0_14
57. Golubkina N., Skrypnik L., Logvinenko L., Zayachkovsky V., Smirnova A., Kriv-enkov L., Romanov V., Kharchenko V., Poluboyarinov P., Sekara A. The 'Edge Effect' Phenomenon in Plants: Morphological, Biochemical and Mineral Characteristics of Border Tissues. *Diversity*. 2023;(15):123. <https://doi.org/10.3390/d15010123>
58. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек М., Печатный город, 2006. 254 с. ISBN 5-98467-002-X. <https://www.elibrary.ru/qlmuhd> [Golubkina N.A., Papazian T.T. Selenium in nutrition. Plants, animals and human beings. Moscow, 2006. 254 p. ISBN 5-98467-002-X. <https://www.elibrary.ru/qlmuhd>]
59. Dong Y., Zhang J., Xie A., Yue X., Li M., Zhou Q. Garlic peel extract as an antioxidant inhibits triple-negative breast tumor growth and angiogenesis by inhibiting cyclooxygenase-2 expression. *Food Sci.Nutr.* 2024;(10):1010. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4320>
60. Golubkina N., Kharchenko V., Moldovan A., Antoshkina M., Ushakova O., Sękara A., Stoleru V., Murariu O.C., Tallarita A.V., Sannino M., Caruso G. Effect of Selenium and Garlic Extract Treatments of Seed-Addressed Lettuce Plants on Biofortification Level, Seed Productivity and Mature Plant Yield and Quality. *Plants*. 2024;13(9):1190. <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/9/1190#>
61. Strath H. EP 1609363A1 Use of garlic extract for systemic treatment of growing crops. 2005.06.01.
62. Golubkina N.A., Zayachkovsky V.A. Comparative evaluation of *Raphanus sativus* var. *lobo* defense efficiency against *Contarinia nasturtii* using foliar application of sodium selenate, ionic silicon form and garlic extract. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(4):23–27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-4-23-27> <https://elibrary.ru/hcunwb>
63. Ali M., Ahmad H., Hayat S., Chani M.I., Aim B., Atif M.J., Wali K., Cgeng A. Application of garlic allelochemicals improves growth and induces defense responses in eggplant (*Solanum melongena*) against *Verticillium dahliae*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021;(215):112132. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112132>
64. Hayat S., Ahmad H., Ali M., Ren K., Cheng Z. Aqueous garlic extract stimulates growth and antioxidant enzymes activity of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Sci. Hort.* 2018;(240):139–146. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.011>
65. Blanchar A., Limache F. Les Stimulateurs des Defenses Naturelles des Plantes (SDN). 2005. Available online: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01857661/document>
66. Hardiansyah M.Y., Al Ridho A.F. Nurhidayat The Effect of Garlic (*Allium sativum*) Extract Pesticides in Repelling Rice Eating Bird Pests. *Indonesian J. Agric. Res.* 2020;3(3):145–152. <https://doi.org/10.32734/injar.v3i3.3947>
67. Golubkina N., Zayachkovsky V., Sheshnitsan S., Skrypnik L., Antoshkina M., Smirnova A., Fedotov M., Caruso G. Prospects of the Application of Garlic Extracts and Selenium and Silicon Compounds for Plant Protection against Herbivorous Pests: A Review. *Agriculture*. 2022;(12):64. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010064>
68. Chang Y., Lee S.-H., Na J.H., Chang P.-S., Han J. Protection of Grain Products from *Sitophilus oryzae* (L.) Contamination by Anti-Insect Pest Repellent Sachet Containing Allyl Mercaptan Microcapsule. *J. Food Sci.* 2017;(82):2634–2642. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13931>
69. Prowse G.M., Galloway T.S., Foggo A. Insecticidal activity of garlic juice in two dipteran pests. *Agric. For. Entomol.* 2006;8(1):1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2006.00273.x>
70. Denloye A.A. Bioactivity of Powder and Extracts from Garlic, *Allium sativum* L. (*Alliaceae*) and Spring Onion, *Allium fistulosum* L. (*Alliaceae*) against *Callosobruchus maculatus* F. (*Coleoptera*: Bruchidae) on Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp (*Leguminosae*) Seeds. *J. Entomol.* 2010;2010: 958348. <https://doi.org/10.1155/2010/958348>

Об авторах:

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

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

Владимир Ильич Терешонков – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, лабораторно-аналитического отдела, SPIN-код: 4541-4139, tereshonok-74@inbox.ru

About the Authors:

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

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

Vladimir I. Tereshonok – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Laboratory-Analytical Department, SPIN-code: 4541-4139, tereshonok-74@inbox.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-84-92>
УДК: 635.8-027.22

Н.Л. Девочкина,
Т.Н. Сурихина, М.И. Иванова*

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: ivanova_170@mail.ru

Вклад авторов: Девочкина Н.Л.: научное руководство исследованием, ресурсы, концептуализация, методология, администрирование проекта; Сурихина Т.Н.: методология, визуализация, литературный поиск, проведение исследований; Иванова М.И.: анализ полученных данных, создание рукописи, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Девочкина Н.Л., Сурихина Т.Н., Иванова М.И. Статус производства грибов: глобальный и национальный сценарий. *Овощи России*. 2024;(6):84-92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-84-92>

Поступила в редакцию: 25.07.2024

Принята к печати: 25.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Natalia L. Devochkina,
Tatyana N. Surikhina, Maria I. Ivanova*

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

*Corresponding Author: ivanova_170@mail.ru

Authors' contribution: Devochkina N.L.: scientific supervision of the study, resources, conceptualization, methodology, project administration; Surikhina T.N.: methodology, visualization, literature search, conducting research; Ivanova M.I.: analysis of the obtained data, creation of the manuscript, editing of the manuscript.

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

For citation: Devochkina N.L., Surikhina T.N., Ivanova M.I. Status of mushroom production: global and national scenario. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):84-92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-84-92>

Received: 25.07.2024

Accepted for publication: 25.10.2024

Published: 29.11.2024

Статус производства грибов: глобальный и национальный сценарий

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Выращивание грибов потенциально может стать очень прибыльным предприятием агробизнеса, которое решает несколько современных проблем, таких как использование ресурсов, циркулярная экономика. Увеличение производства грибов повысит их доступность по всей стране, что в дальнейшем поможет снизить продовольственную безопасность, а также повысит доходы мелких и маргинальных производителей.

Результаты. Грибы обладают огромным потенциалом для медицинских и нутрицевтических целей. За последние 20 лет мировое производство грибов росло со среднегодовым темпом роста 8,26%. Этот среднегодовой темп роста является самым высоким для Азиатского континента. В основном шесть видов грибов доминируют в мировом производстве и на рынке, а именно шиитакэ (26%), вешенка (21%), черный ушной гриб (21%), шампиньон (11%), фламмулина (7%), соломенный гриб (1%) и другие виды (13%). В Российской Федерации промышленное грибоводство активно развивается. За последние годы было открыто 85 предприятий. Среднегодовой темп роста производства свежих грибов составил 11,7%. В основном в России выращивают шампиньон и вешенку. Многие препятствия, с которыми сталкиваются производители грибов, включая отсутствие технических знаний, неадекватную инфраструктуру, неорганизованный рынок, дорогостоящие ресурсы и т.д., все еще требуют решения с помощью достаточных исследований и дополнительных законодательных решений, адаптированных к требованиям российских производителей грибов. Растущие инвестиции в интеллектуальную автоматизацию для повышения эффективности и производительности выращивания культивируемых грибов подразумевают передовые технологии, такие как робототехника, искусственный интеллект и Интернет вещей (IoT).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

грибы культивируемые, грибоводство, мицелий, объем производства, инвестиция

Status of mushroom production: global and national scenario

ABSTRACT

Relevance. Mushroom farming has the potential to be a very profitable agribusiness venture that addresses several contemporary issues such as resource utilization, circular economy. Increasing mushroom production will increase its availability across the country, which will further help reduce food insecurity and also increase the income of small and marginal producers.

Results. Mushrooms have enormous potential for medicinal and nutraceutical purposes. Over the past 20 years, global mushroom production has grown at a CAGR of 8.26%. This average annual growth rate is the highest for the Asian continent. Mainly six species of mushrooms dominate the global production and market, namely shiitake (26%), oyster mushroom (21%), black ear mushroom (21%), button mushroom (11%), flammulina (7%), straw mushroom (1%) and other types (13%). In the Russian Federation, industrial mushroom growing is actively developing. In recent years, 85 enterprises have been opened. The average annual growth rate of fresh mushroom production was 11.7%. Champignons and oyster mushrooms are mainly grown in Russia. Many obstacles faced by mushroom producers, including lack of technical knowledge, inadequate infrastructure, unorganized market, expensive inputs, etc., still need to be addressed through sufficient research and additional legislative solutions tailored to the requirements of Russian mushroom producers. Growing investments in smart automation to improve the efficiency and productivity of cultivated mushroom production involve advanced technologies such as robotics, artificial intelligence and the Internet of Things (IoT).

KEYWORDS:

cultivated mushrooms, mushroom growing, mycelium, production volume, investment

Введение

Микофагия описывает использование грибов в качестве источника питания. Грибы — хорошо известные макрогрибы, имеющие характерное плодовое тело, которое может быть как гипогенным, так и эпигейным. Они принадлежат преимущественно разным кулинарным традициям, и во многих странах свежие и консервированные виды грибов употребляют в качестве деликатеса, особенно из-за их точного аромата и текстуры. Около 1,5 миллионов разновидностей грибов растут на вегетативной части, называемой мицелием, которая передает грибу питательные вещества и обеспечивает его развитие [1]. Из 14000 зарегистрированных видов грибов 3000 признаны съедобными, и среди них известно, что 270 видов обладают терапевтическим потенциалом, который может обеспечить здоровье человека [2]. Съедобные грибы считаются высокопитательным продуктом с большой функциональной ценностью. Основным питательным компонентом сухого вещества грибов являются углеводы, которые содержат как легкоусвояемые (трегалоза, гликоген, маннит и глюкоза), так и неперевариваемые углеводы (хитин, маннаны и β -глюкан). В грибах присутствуют все незаменимые аминокислоты, а также они содержат полиненасыщенные жирные кислоты в значительно большей пропорции по сравнению с насыщенными жирными кислотами. Грибы являются единственным растительным источником витамина D и содержат большое количество витаминов группы B и различных минералов, необходимых для физиологических функций человека [3-5]. Помимо этих питательных компонентов, грибы также содержат несколько биологически активных компонентов, таких как полисахариды, пептиды, белки, протеогликаны, фенольные соединения, терпены, лектины и т.д.

Люди потребляют огромное количество грибов ради здоровья; таким образом, спрос на коммерческое выращивание и глобальные рынки улучшаются. Это привело к существенному увеличению разнообразия выращиваемых съедобных грибов [1], и в настоящее время около 30 видов грибов выращивают в коммерческих целях [6]. В мире наиболее культивируют грибы *Agaricus bisporus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes* и *Pleurotus*. Грибы использовали из-за их терапевтического потенциала благодаря нескольким лечебным свойствам, включая противоопухолевые, антиоксидантные, иммуномодулирующие, удаляющие радикалы, снижающие уровень холестерина, сердечно-сосудистые, противомикробные, противовоспалительные, гепатопротекторные, детоксикационные, противоожирительные, противодиабетические, обезболивающие и ряд других свойств. Их можно использовать либо непосредственно в рационе, либо отдельные фракции, полученные из них, можно употреблять для укрепления здоровья и благополучия [7,8]. В последнее время лесные грибы, такие как *Laetiporus ulfureus* и *Grifola frondosa*, также приобретают все большее значение из-за высокого содержания питательных веществ, привлекательных сенсорных качеств и разнообразных фармакологических свойств [3]. Интерес потребителей к грибам стимулируется растущими знаниями об их пользе для здоровья благодаря научным исследованиям,

средствам массовой информации и образовательным программам в области питания. К 2050 году треть потребляемых человеком белков, предположительно, будет приходиться на белки грибного происхождения [9].

Выращивание грибов началось в Азии (Китай) около 600 года н. э., в Европе (Франция) — в 17 веке и в Америке (США) — в 1900-х годах. Общее использование грибов можно разделить на четыре категории: лекарственные, съедобные, ядовитые и другие [2]. Многофункциональные грибы также были описаны в существующих работах [10]. Во многих слаборазвитых странах, где существует значительная зависимость от диеты, основанной преимущественно на натуральных продуктах, грибы могут служить источником высококачественного белка. Таким образом, его можно отнести к категории потенциального товара, который может в целом реанимировать глобальную экономику.

Выращивание грибов представляет собой одно из самых прибыльных сельскохозяйственных предприятий, которое можно запустить с небольшим финансированием и землей. Все больше и больше людей обращаются к выращиванию грибов как к вторичному доходу [11]. Кроме того, повышение осведомленности потребителей о своем здоровье и рост потребительского предпочтения натуральных и веганских продуктов питания, как ожидается, будут основными факторами, которые будут стимулировать потребность в выращивании грибов и ускорять темпы развития рынка.

Прирост производства грибов зависит от нескольких факторов окружающей среды, включая свет, влажность и температуру. Стихийные бедствия, суровая погода и изменение климата могут помешать производству грибов и снизить урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Кроме того, вегетационные периоды и климатические условия многих видов грибов ограничивают их круглогодичное производство и доступность. Доступность на рынке, цена и потребительский спрос могут колебаться в результате сезонной изменчивости производства грибов.

Растущее осознание потребителями преимуществ грибов для здоровья, таких как их пищевая ценность и возможное терапевтическое применение, стимулирует потребность в этих продуктах питания в качестве компонентов здоровой растительной диеты. Есть возможности извлечь выгоду из этой тенденции, удовлетворяя вкусы потребителей, предлагая широкий выбор свежих грибных продуктов с добавленной стоимостью. Кроме того, существует развивающийся рынок функциональных продуктов из грибов, которые обслуживают клиентов, ищущих хорошее самочувствие, поддержку иммунитета и натуральные лекарства. Примеры этих товаров включают порошки, экстракты, добавки и обогащенные продукты. Существуют возможности для создания новых, дорогостоящих продуктов из грибов, которые удовлетворяют потребности определенных групп потребителей и решают проблемы со здоровьем.

Ниже мы подробно рассказываем о значении выращивания грибов в мировой и российской экономике, а также о проблемах, с которыми сталкиваются отечественные производители грибов.

Глобальный сценарий

За последние 20 лет мировое производство грибовросло со среднегодовым темпом роста 8,26%. Этот среднегодовой темп роста является самым высоким для Азиатского континента (8,97%), за которым следует Африка (6,31%). Производство грибов в мире выросло более чем в пять раз с 2000 года и в настоящее время составляет 44 млн т [12], причем азиатский континент является основным производителем с долей 95% в производстве после европейского (3%) и американского континента (1%) (табл. 1). Что касается производства по странам, то ведущими странами по производству свежих грибов, показанных в таблице 2, являются Китай (93%), Япония (0,01%) и Польша (0,01%). Индия занимает шестое место с показателем около 0,24 млн т (ФАО, 2023). Интересно, что среднегодовой темп производства свежих грибов в Китае (9,23%) и Индии (8,58%) сопоставим за последние 20 лет, несмотря на существенные достижения в Китае. Китай производит более 85 % всех вешенок в мире; однако 95% общего производства Китая предназначено для внутреннего потребления [13].

Объем мирового рынка грибов оценивался в 62,31 млрд долларов США в 2023 году. Ожидается, что рынок

вырастет с 67,96 млрд долларов США в 2024 году до 136,90 млрд долларов США к 2032 году, при этом среднегодовой темп роста составит 9,1 % в течение прогнозируемого периода.

В основном шесть видов грибов доминируют в мировом производстве и на рынке, а именно шиитаке (26%), вешенка (21%), черный ушной гриб (*Auricularia spp.*) (21%), шампиньон (11%), фламмулина (7%), соломенный гриб (*Volvariella volvacea*) (1%) и другие виды (13%).

В таблице 3 показан сценарий производства различных продуктов переработки грибов. Китай лидирует в мире по производству грибных консервов с 83%, за ним следуют Нидерланды с 6% и Индия с 3%. Несмотря на большие различия в объеме производства и рыночной доле, Индия лидирует в мире по среднегодовому темпу роста консервированных грибов (24%), обгоняя Китай и остальной мир вместе взятые (21%). Он демонстрирует примечательное расширение консервирования в индийском грибном секторе. Это также справедливо и для производства сушеных грибов. Текущее производство оценивается в 4 миллиона тонн, причем 97% приходится на Китай, 1% на Японию и 1% на Индию.

Таблица 1. Тенденция мирового производства грибов и среднегодовой темп роста: по континентам (2000-2021 годы) (млн т) [12]
Table 1. Global mushroom production trend and average annual growth rate: by continent (2000-2021) (million tons) [12]

Год Year	В мире In the world	Африка Africa	Америка America	Азия Asia	Европа Europe	Океания Oceania
2000	8.781	0.011	0.464	7.196	1.066	0.045
2001	10.022	0.011	0.463	8.384	1.116	0.048
2002	10.980	0.011	0.452	9.342	1.123	0.052
2003	12.650	0.012	0.476	10.984	1.130	0.048
2004	13.849	0.013	0.472	12.174	1.135	0.055
2005	15.573	0.013	0.467	13.942	1.094	0.057
2006	16.943	0.013	0.472	15.335	1.071	0.052
2007	19.056	0.015	0.443	17.467	1.080	0.051
2008	20.887	0.016	0.485	18.960	1.372	0.055
2009	23.176	0.016	0.486	20.900	1.723	0.050
2010	24.977	0.017	0.474	22.761	1.678	0.047
2011	28.934	0.018	0.513	26.467	1.881	0.054
2012	31.780	0.020	0.528	29.016	2.166	0.050
2013	34.284	0.022	0.528	32.428	1.253	0.052
2014	35.368	0.025	0.554	33.458	1.271	0.061
2015	37.480	0.026	0.536	35.511	1.364	0.044
2016	38.661	0.025	0.547	36.730	1.307	0.052
2017	39.811	0.026	0.544	37.875	1.319	0.048
2018	40.583	0.028	0.542	38.726	1.235	0.053
2019	41.739	0.032	0.516	39.863	1.279	0.050
2020	42.923	0.034	0.503	40.929	1.406	0.051
2021	44.207	0.037	0.482	42.143	1.501	0.044
Среднегодовой темп роста (2000-2021) CAGR (2000-2021)	8.26	6.31	0.77	8.97	1.29	-0.09

Таблица 2. Тенденция производства и среднегодовой темп роста в 10 крупнейших странах мира по производству свежих грибов (2000–2021 годы) (млн т) [12]
Table 2. Production trend and average annual growth rate in the world's 10 largest fresh mushroom producing countries (2000–2021) (million tons) [12]

Год Year	Китай China	Япония Japan	Польша Poland	США USA	Нидерланды Netherlands	Индия India	Испания Spain	Канада Canada	Россия Russia	Франция France
2000	6.644	0.424	0.109	0.384	0.265	0.024	0.063	0.080	0.006	0.204
2001	7.828	0.427	0.110	0.377	0.275	0.030	0.110	0.086	0.006	0.196
2002	8.774	0.430	0.120	0.377	0.270	0.040	0.135	0.075	0.007	0.175
2003	10.396	0.434	0.135	0.388	0.263	0.040	0.129	0.088	0.006	0.170
2004	11.610	0.406	0.150	0.388	0.260	0.040	0.139	0.085	0.006	0.165
2005	13.360	0.420	0.160	0.387	0.245	0.040	0.138	0.080	0.005	0.139
2006	14.749	0.430	0.169	0.383	0.235	0.035	0.135	0.089	0.006	0.116
2007	16.829	0.440	0.180	0.360	0.240	0.037	0.132	0.083	0.006	0.132
2008	18.278	0.450	0.185	0.369	0.255	0.037	0.134	0.116	0.006	0.139
2009	20.214	0.460	0.207	0.372	0.230	0.037	0.131	0.114	0.006	0.114
2010	22.020	0.470	0.230	0.359	0.266	0.041	0.133	0.115	0.005	0.119
2011	25.726	0.470	0.220	0.391	0.304	0.041	0.146	0.122	0.004	0.116
2012	28.289	0.460	0.230	0.403	0.307	0.030	0.147	0.125	0.005	0.117
2013	31.705	0.460	0.249	0.408	0.323	0.017	0.150	0.120	0.008	0.104
2014	32.708	0.460	0.263	0.432	0.310	0.028	0.150	0.122	0.008	0.109
2015	34.772	0.450	0.269	0.421	0.310	0.051	0.219	0.115	0.009	0.101
2016	35.979	0.460	0.280	0.428	0.300	0.076	0.148	0.119	0.010	0.100
2017	37.130	0.459	0.291	0.423	0.300	0.102	0.159	0.120	0.016	0.086
2018	37.901	0.467	0.200	0.416	0.300	0.134	0.166	0.126	0.031	0.083
2019	38.981	0.470	0.235	0.384	0.270	0.182	0.170	0.132	0.048	0.088
2020	40.008	0.471	0.320	0.370	0.260	0.211	0.166	0.133	0.086	0.080
2021	41.127	0.469	0.379	0.344	0.260	0.243	0.164	0.138	0.111	0.099
Среднегодовой темп роста (2000–2021) CAGR (2000–2021)	9.23	0.57	5.04	0.22	0.63	8.58	2.54	2.81	11.70	-3.91

Таблица 3. Тенденции производства и среднегодовой темп роста консервированных грибов в основных странах мира (2010–2021 годы) [12]
Table 3. Production trends and average annual growth rate of canned mushrooms in major countries of the world (2010–2021) [12]

Год Year	В мире In the world	Китай China	Нидерланды Netherlands	Индия India	Польша Poland	Испания Spain
Консервированные грибы (млн т) Canned mushrooms (million tons)						
2010	0.74	0.33	0.15	0.02	0.02	0.03
2011	0.86	0.39	0.16	0.02	0.02	0.04
2012	1.09	0.45	0.21	0.01	0.03	0.04
2013	0.97	0.49	0.23	0.01	0.03	0.04
2014	0.96	0.53	0.26	0.01	0.04	0.04
2015	1.06	0.55	0.28	0.02	0.06	0.06
2016	0.99	0.53	0.21	0.04	0.08	0.04
2017	1.01	0.56	0.19	0.05	0.07	0.04
2018	1.07	0.58	0.21	0.06	0.07	0.05
2019	3.19	2.67	0.21	0.08	0.07	0.05
2020	3.32	2.74	0.26	0.10	0.06	0.05
2021	3.39	2.82	0.20	0.11	0.08	0.05
Среднегодовой темп роста (2010–2021) CAGR (2000–2021)	13.80	20.96	2.13	24.41	11.95	3.07
Сушеные грибы (млн т) Dried mushrooms (million tons)						
2010	0.55	0.45	0.06	0.00	0.01	0.00
2011	0.64	0.53	0.06	0.00	0.01	0.00
2012	0.72	0.61	0.06	0.00	0.00	0.00
2013	0.76	0.66	0.06	0.00	0.01	0.00
2014	0.75	0.71	0.01	0.00	0.01	0.01
2015	0.78	0.74	0.01	0.00	0.00	0.01
2016	0.77	0.73	0.01	0.01	0.01	0.01
2017	0.81	0.76	0.01	0.01	0.01	0.01
2018	0.90	0.80	0.06	0.01	0.00	0.01
2019	3.77	3.66	0.06	0.02	0.00	0.01
2020	3.88	3.75	0.06	0.02	0.01	0.02
2021	3.99	3.86	0.06	0.02	0.01	0.01
Среднегодовой темп роста (2010–21) CAGR (2000–21)	19.41	21.15	-0.03	25.00	-3.24	16.39

Азиатско-Тихоокеанский регион лидировал на рынке в 2023 году с наибольшей долей рынка 36,2%. Во многих странах Азиатско-Тихоокеанского региона грибы являются неотъемлемой частью традиционной кухни и кулинарных традиций и имеют большую культурную ценность. В азиатской кухне часто используют шиитаке, вешенки, энoki и дереворазрушающие грибы для улучшения вкуса, текстуры и питательной ценности пищи. Особые и экзотические виды грибов, такие как энoki, майтаке, шиитаке и некоторые другие грибы, пользуются большим спросом в Азиатско-Тихоокеанском регионе из-за их особого вкуса, текстуры и терапевтических свойств. Эти грибы можно найти во многих различных рецептах, включая жаркое, горячие блюда, супы и лечебные травы.

Сегмент консервов доминировал на мировом рынке в 2023 году с долей рынка 36,8 %. Благодаря готовому к употреблению, предварительно нарезанному и предварительно приготовленному состоянию консервированные грибы являются удобным вариантом для потребителей. По сравнению со свежими грибами, они имеют более длительный срок хранения, что делает их незаменимым продуктом в кладовой дома и ресторана. Кроме того, несмотря на сезонные колебания производства свежих грибов, консервированные грибы обеспечивают стабильные поставки и доступность грибов круглый год. Поскольку они не ограничены сроком годности, потребители могут использовать грибы круглый год в различных рецептах и блюдах.

Офлайн-сегмент доминировал на мировом рынке в 2023 году с долей рынка 68,9 %. В офлайн-раздел включен широкий спектр физических каналов розничной торговли, включая супермаркеты, продуктовые магазины, специализированные продовольственные

магазины, фермерские рынки, магазины повседневного спроса и региональные продуктовые рынки. В этих торговых точках покупатели могут выбирать из широкого спектра переработанных, сушеных и свежих грибов. Кроме того, офлайн-каналы розничной торговли дают покупателям возможность взаимодействовать и получать сенсорные впечатления. Потребители могут выбирать грибы на основе визуального осмотра, свежести, внешнего вида и стандартов качества. Образцы продуктов, пробные сеансы и индивидуальное обслуживание клиентов могут улучшить качество покупок.

Ключевыми игроками рынка являются Mushroom SAS, Hirano Mushroom LLC, Fujishukin Co. Ltd., Bonduelle, Monterey Mushrooms, Cargill, Incorporated, MycoTerraFarm, Lambert Spawn, The Greenyard, Heereco, Bluff City Fungi, Smithy Mushrooms, Monaghan Group, WALSH MUSHROOMS GROUP, Mycelia, Smithy Mushrooms Ltd., Rheinische Pilz Zentrale GmbH, Italspwan.

Российский сценарий

В Российской Федерации отрасль грибоводства на промышленной основе начала новый этап своего развития с 2014 года. Было принято решение на государственном уровне включить Концепцию развития грибоводства в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы с продолжением до 2030 года. Это дало возможность получения льготных кредитов для строительства новых грибоводческих комплексов, особенно в сфере производства шампиньонов. В перечень сельхозпродукции грибы в России включены только с 2020 года.

Таблица 4. Объем производства грибной продукции в Российской Федерации, тыс. ц [14]
Table 4. Volume of production of mushroom products in the Russian Federation, thousand centners [14]

	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год
Российская Федерация Russian Federation	160,8	306,9	479,5	870,8	1109,7	1288,4	1459,1
Центральный ФО Central Federal District	77,8	122,8	255,3	455,8	638,9	718,5	793,3
Северо-Западный ФО Northwestern Federal District	26,1	26,9	34,7	64,9	77,4	104,9	87,3
Южный ФО Southern Federal District	25,3	112,7	135,8	236,7	276,4	299,5	402,0
Северо-Кавказский ФО North Caucasus Federal District	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,6
Приволжский ФО Volga Federal District	30,2	43,1	51,4	109,0	108,4	156,9	166,4
Уральский ФО Ural Federal District	0,6	0,2	0,3	0,7	0,9	0,7	0,2
Сибирский ФО Siberian Federal District	0,3	0,5	0,8	2,6	6,0	7,2	8,8
Дальневосточный ФО Far Eastern Federal District	0,3	0,2	0,6	0,5	0,9	0,3	0,4

В Российской Федерации промышленное грибоводство активно развивается. Среднегодовой темп роста (2000–2021 гг.) производства свежих грибов составил 11,7 % (табл. 2). Развитию отрасли способствуют меры господдержки, включая инвестиционные кредиты, которые позволяют запускать крупные проекты в этой сфере. За последние годы было открыто 85 предприятий.

География выращивания грибов неравномерная: в ЦФО производят 54% грибов от общего объема производства, в ЮФО – 28 %, в Приволжском ФО – 11 %, а вот доля СЗФО составляет всего лишь 6 % (табл. 4). В целом, лидерами по производству культивируемых грибов являются Краснодарский край, Курская, Ленинградская, Московская, Калужская области и Республика Татарстан.

По данным Школы грибоводства, объем производства шампиньонов в РФ в 2023 году увеличился на 9% и составил 146225 тонн. Тем самым был достигнут важный исторический результат: 1 кг шампиньона на 1 человека в год. За последние 7 лет производство шампиньона увеличилось в 10 раз. Среднемесячный объем производства шампиньона в 2023 году превысил 12000 т. Максимальный месячный сбор шампиньонов был в мае – 13334 т. Производство вешенки в 2023 году составило 6099 т, что на 7% больше, чем в 2022 году. За последние четыре года – это первый год с положительной динамикой. Годовой объем сбора оказался даже выше результата 2021 года, но все же ниже 2020 и рекордного 2019 года [15].

Выращивание грибов достаточно несложно, и по затратам это дешевле, чем овощи. Однако основная проблема заключается в поставках высокопродуктивного мицелия. Главная сложность выращивания грибов – высокая конкуренция между производителями. За последние 10 лет инвесторы активно вкладываются в грибной бизнес и ориентированы на производство шампиньона и вешенки. Спрос на грибы достаточно большой. 90 % грибов на рынке – отечественные, небольшая часть поступает из Беларуси. В последние три года идет работа по реструктуризации грибного рынка. Мицелий в основном закупается за рубежом.

«Грибная радуга» – ведущий производитель и поставщик свежих шампиньонов на российском рынке с объемом производства более 32 тыс. т в год. Компания вышла на первое место в России по качеству продукции по результатам конкурса в программе «Естественный отбор».

Компания «Воронежский шампиньон» имеет две производственные площадки (в Краснодарском крае и Воронежской области), каждая из которых производит по 30 тыс. т готовой продукции и 120 тыс. т компоста в год. Ежегодно получают 10 урожаев. Наличие двух предприятий в разных регионах снижает затраты на перевозку и позволяет доставлять шампиньоны до прилавка в кратчайшие сроки, сохраняя их свежесть и вкус.

Компания «Агрогриб» – одно из крупнейших предприятий по выращиванию свежих шампиньонов в России. Предприятие расположено на площади 38 га в Тульской области. Предприятие выпускает продукцию под торговой маркой «Агрогриб», которая уже зарекомендовала себя на российском рынке как бренд качественных и вкусных овощей. Объем производства шампиньона в год составляет 12370 т.

Компания «Мастер Гриб» является одним из крупнейших предприятий по выращиванию шампиньонов в России. Производственная мощность первой очереди агрокомплекса – 10000 т грибов в год и 35000 т субстрата. В дальнейшем объемы производства будут увеличены до 20000 т свежего шампиньона и до 60000 т компоста. Также планируется строительство линии по глубокой переработки гриба мощностью до 10000 т в год.

IGS AGRO – одно из новейших, крупнейших и самых современных грибоводческих предприятий полного цикла производства в Республике Татарстан. Полный цикл производства находится на территории РТ ОЭЗ «Алабуга». Здесь оборудованы 24 камеры для выращивания грибов площадью 13440 м². Комплекс рассчитан на ежегодное выращивание шампиньона в объеме более 5,5 тыс. т и более 30 тыс. т компоста. Средняя урожайность шампиньона составляет 30–32 кг/м² за две волны.

Сеть магазинов Магнит является одним из крупнейших производителей культивированных грибов в России. Компания считает эту категорию перспективной и продолжит развивать ее, наращивая собственное производство и расширяя ассортимент. В магазинах розничной сети Магнит стабильно высоким спросом пользуются шампиньоны собственного производства под СТМ «Магнит Свежесть» (доля этой продукции в структуре продаж превышает 45%). Новый завод расположится в Краснодарском крае, его мощность может составить 1,5 млн т в год, что покроет 40% потребностей российского рынка, и полностью обеспечит запросы Магнита в посевном материале для выращивания шампиньонов.

В 2022 году ООО «Апрель» Тульской области на собственном субстрате вырастило 98 % всех российских эринги. ООО «Агрико» Чувашской Республики на покупном субстрате собрали 140 кг вешенки с 1 м². Грибной комплекс «Калужский субстрат» на собственном субстрате собрали 141 кг вешенки с 1 м². ООО Агрокомбинат «Судиславский» Костромской области на покупном субстрате фазы 2 произвело 167 кг/м² шампиньона. ООО «Орикс» Самарской области на собственном компосте фазы 2 собрало 199 кг/м² шампиньона. ООО «Грибов-Дол» Ростовской области на покупном компосте фазы 3 вырастило 293 кг/м² шампиньона. ООО «Грибная радуга» Калужской области собрало на собственном компосте фазы 3 собрало 322 кг/м² шампиньона.

В Российской Федерации производством и поставкой мицелий шампиньона и вешенки, а также штаммов экзотических грибов (опенок зимний, кольцевик) занимается ООО «ПКП Сантана» (г. Саратов). Однако мицелий сейчас в основном покупается за границей.

Christiaens Group (Нидерланды) поставляет оборудование для создания грибных комплексов полного цикла, которое используется на 80% грибных производств России. Проектирование и реализация грибоводческих комплексов, поставка оборудования для грибных ферм и компостных дворов от Christiaens Group, а также строительство грибных комплексов «под ключ» – одно из приоритетных направлений деятельности компании «Интерагро».

Ограничивающие факторы в грибоводстве

Пандемия Covid-19 оказала долгосрочное положительное влияние на рынок грибов. Структура потребления потребителей изменилась по нескольким причинам и привела к увеличению спроса на грибы из-за их предполагаемых иммуностимулирующих свойств. Многие люди ищут продукты, которые могут помочь поддержать их иммунную систему, и считается, что грибы обладают этими преимуществами. Кроме того, в период пандемии наблюдался переход от традиционного покупательского поведения к онлайн-покупкам, и некоторые производители грибов также переключили свое внимание на каналы онлайн-продаж, чтобы напрямую обращаться к клиентам.

Пандемия также нанесла ущерб рынку в краткосрочной перспективе из-за таких факторов, как нарушение цепочек поставок и закрытие ресторанов. Это привело к дефициту и повышению цен на некоторые виды грибов. Кроме того, поскольку из-за пандемии многие рестораны и другие предприятия общественного питания закрылись или работали с пониженной пропускной способностью, спрос на определенные виды грибов, которые обычно используются в этих местах, снизился.

Более высокие эксплуатационные затраты при выращивании грибов остаются ключевым фактором, ограничивающим рост рынка в ближайшие годы. Для выращивания грибов необходим субстрат – материал, на котором выращивают грибы. Субстрат может быть изготовлен из различных материалов, включая солому, опилки и другие отходы сельского хозяйства. Кроме того, на успех рынка влияют влажность, свет, температура, насекомые и животные-вредители.

Сдерживающим фактором в развитии и продвижении грибоводства в Российской Федерации является отсутствие централизованного производства субстрата и отработанной технологии его приготовления, а также опыта выращивания плодовых тел в различных культивационных сооружениях как в контролируемых, так и в неконтролируемых условиях [16].

Производственные риски наиболее чувствительны к изменению объемов производства и реализации, материальных и трудовых затрат, цен и качества продукции, что в конечном итоге сказывается на эффективности производства. Но рисками можно управлять, как на государственном уровне, так и уровне грибоводческого хозяйства [17].

Еще одним ограничивающим фактором для рынка является скоропортимость грибов. Свежие грибы имеют относительно короткий срок хранения, и с ними следует обращаться осторожно, чтобы избежать порчи. Это может затруднить транспортировку и хранение грибов производителям и ограничить их возможности выхода на определенные рынки.

Инвестиционная привлекательность грибоводства

В последние годы растет осознание пользы грибов для здоровья, что привело к увеличению спроса на грибы как на источник пищи. Этот спрос

обусловлен тем, что потребители ищут продукты с высоким содержанием питательных веществ, которые помогут поддержать их общее состояние здоровья и хорошее самочувствие. Это питательная пища, богатая витаминами, минералами и антиоксидантами. В них мало калорий и жиров, что делает их привлекательной пищей для потребителей, заботящихся о своем здоровье. Кроме того, грибы также известны своей потенциальной пользой для здоровья, помимо основного питания. Например, некоторые сорта грибов содержат соединения, которые, как полагают, обладают иммуностимулирующими и противовоспалительными свойствами, что может помочь снизить риск некоторых заболеваний.

Простота приготовления и универсальность грибов делают их привлекательными как для домашних поваров, так и для профессиональных поваров. Благодаря широкому выбору сортов грибов потребители могут экспериментировать с разными вкусами и текстурами для создания различных блюд. Грибы можно легко приготовить путем тушения, гриля, запекания или жарки, что делает их популярным ингредиентом во многих рецептах, включая супы, тушеные блюда, соусы, салаты и многое другое. В течение последних нескольких лет на рынке наблюдается устойчивый рост сегмента грибов шиитаке. Такой рост можно объяснить растущим спросом на здоровые и органические продукты питания и растущей популярностью азиатской кухни во всем мире. Грибы шиитаке известны своим богатым вкусом и питательной ценностью, и они широко используются в различных блюдах, таких как супы, жаркое и салаты. Они также используются в традиционной медицине из-за их иммуностимулирующих свойств.

Промышленное грибоводство не имеет сезонного характера, является экологически ориентированным и безопасным на всем протяжении производственного процесса, начиная от приготовления субстрата до окончания сбора урожая, поскольку используются возобновляемые естественные органические ресурсы – отходы сельскохозяйственного производства: солома злаковых культур, навоз или помет в виде исходного сырья для приготовления питательных субстратов, необходимых для выращивания грибов [18, 19].

Растущие инвестиции в интеллектуальную автоматизацию производства грибов еще больше стимулируют рынок. Умная автоматизация подразумевает использование передовых технологий, таких как робототехника, искусственный интеллект и Интернет вещей (IoT) для повышения эффективности и производительности выращивания грибов [20].

Некоторые способы, которыми умная автоматизация влияет на рынок, включают помощь производителям в автоматизации многих ручных задач, связанных с выращиванием грибов, таких как сбор, сортировка и упаковка, а также снижение затрат на рабочую силу за счет автоматизации многих функций, связанных с выращиванием грибов. Это также помогает производителям увеличить свои про-

изводственные мощности, позволяя им выращивать больше грибов за более короткий период, что может помочь им удовлетворить растущий спрос на грибы на мировом рынке.

За последние несколько лет растущие инновации в упаковке продукции и цепочках поставок сыграли решающую роль в обеспечении доступности грибов для людей и стимулировании роста грибного рынка. Благодаря достижениям в области упаковки и технологий цепочки поставок производители и дистрибьюторы теперь могут транспортировать и хранить грибы в течение более длительных периодов времени, не жертвуя при этом качеством и свежестью.

Например, использование упаковки в модифицированной атмосфере и вакуумной упаковки помогло продлить срок хранения грибов и сохранить их свежесть во время транспортировки и хранения. Кроме того, достижения в логистике холодильной цепи помогли сохранить качество и свежесть грибов во время транспортировки и распределения. Эти инновации в упаковке помогли увеличить доступность грибов в продуктовых магазинах и супермаркетах, что облегчило потребителям возможность включения их в свой рацион.

Крупные производители грибов имеют преимущество перед мелкими фермерами благодаря доступу к технологиям и капиталу, следовательно, они производят большие количества качественных грибов для удовлетворения рыночного спроса. Чтобы преодолеть проблемы, с которыми сталкиваются мелкие фермеры, развивающиеся страны поощряют коллективные действия через фермерские кооперативы, чтобы улучшить их доступ к технологиям и кредитным возможностям.

Многие европейские страны пошли по пути создания предприятий по централизованному производству субстрата для культивируемого шампиньона, который поставляется широкому кругу потребителей-производителей грибов. Специализация предприятий по приготовлению субстрата позволяет эффективно использовать производственные мощности, снизить себестоимость выпускаемой продукции, а главное, обеспечить субстратом небольшие фермы, производящие свежие шампиньоны. Кроме того, приближение производства субстрата к источникам сырья позволяет сократить затраты на его транспортировку, которые в общей стоимости сырья составляют высокую долю (до 50%) при большом удалении производства от сырьевой базы [21].

Заключение

Производство грибов носит высокотехнологичный характер, требует сложной инфраструктуры, оборудования и т.д. Не хватает развития адекватной инфраструктуры с точки зрения качества и стандартизированных предприятий по производству мицелия, средств подготовки компоста, инфраструктуры после сбора урожая, такой как холодильные цепи, перерабатывающие предприятия и т. д. Помимо этого, основным узким местом маркетинга является недостаточная осведомленность о различных видах грибов и грибах в целом. Грибы обычно не входят в традиционный рацион россиян. Это можно объяснить различными факторами, такими как незнание вкуса, отсутствие знаний о пищевых и медицинских преимуществах, ограниченное продвижение и маркетинг со стороны государственного и частного секторов. Это важная задача – преодолеть культурные предубеждения и охватить городских клиентов, где спрос может быть высоким, не игнорируя при этом сельские районы, где доступность биообогащенных и функциональных продуктов питания ограничена. Поддержание стабильных стандартов и качества является ключевым фактором в международной торговле. Мы должны обеспечить хорошее качество мицелия, гигиеническую подготовку субстрата, хорошие методы выращивания, эффективную борьбу с болезнями и вредителями, санитарную обработку продукции после сбора урожая и т. д., чтобы соответствовать международным стандартам. Различные сорта, штаммы, технологии, связанные с мицелием и компостом, были разработаны и коммерциализированы, но до сих пор разрыв сохраняется с точки зрения исследовательского сотрудничества, внедрения и более высокой прибыли в любой области выращивания грибов. Грибная промышленность является многообещающей сферой, однако она страдает от поддерживающей и целенаправленной политики со стороны агентств, определяющих политику. Как государственный сектор, так и соответствующие заинтересованные стороны в грибной промышленности обязаны рассматривать вышеупомянутые вопросы путем постоянной поддержки с точки зрения увеличения инвестиций в НИОКР, повышения осведомленности, расширения доступа к рынкам, укрепления цепочек создания стоимости и связей, предпринимательства, политических реформ и т.д. Эти положительные изменения послужат основой для роста и устойчивости российской грибной промышленности.

Литература

1. Carrasco J., Zied D.C., Pardo J.E., Preston G.M., Pardo-Giménez A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. *AMB Express*. 2018;8(1):146. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0678-0>
2. El Sheikh A.F., Hu D.-M. How to trace the geographic origin of mushrooms? *Trends in Food Science & Technology*. 2018;(78):292-303. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.06.008>
3. Rathore H., Prasad S., Sharma S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: a review. *PharmaNutrition*. 2017;5(2):35-46. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001>
4. Cardwell G., Bommman J.F., James A.P., Black L.J. A Review of Mushrooms

as a Potential Source of Dietary Vitamin D. *Nutrients*. 2018;10(10):1498. <https://doi.org/10.3390/nu10101498>

5. Samsudin N.I.P., Abdullah N. Edible mushrooms from Malaysia: a literature review on their nutritional and medicinal properties. *Int. Food Res. J.* 2019;26(1):11-31.
6. Li M., Du H., Lin S. Flavor changes of *Tricholoma matsutake* singer under different processing conditions by using HS-GC-IMS. *Foods*. 2021;10(3):531. <https://doi.org/10.3390/foods10030531>
7. Roncero-Ramos I., Delgado-Andrade C. The beneficial role of edible mushrooms in human health. *Curr. Opin. Food Sci.* 2017;(14):122-128. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2017.04.002>
8. Rathore H., Sehwal S., Prasad S., Sharma S. Technological, nutritional,

functional and sensorial attributes of the cookies fortified with *Calocybe indica* mushroom. *J. Food Meas. Charact.* 2019;(13):976–987.

9. Сысцев В.А., Широких И.Г., Широких А.А., Ли Юй. Грибы как культура сельскохозяйственного производства. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;1(62):4–10. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10> <https://www.elibrary.ru/ysactn>

10. Cheung P.C.K. The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin*. 2010;35(4):292–299. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01859.x>

11. Zhang Y., Geng W., Shen Y., Wang Y., Dai Y.-C. Edible mushroom cultivation for food security and rural development in China: bio-innovation, technological dissemination and marketing. *Sustainability*. 2014;6(5):2961–2973. <https://doi.org/10.3390/su6052961>

12. FAOSTAT Statistics database 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

13. Patel S., Goyal A. Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: a review. *3 Biotech*. 2012;2(1):1–15. <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0036-2>

14. <https://rosstat.gov.ru/>

15. <https://gribovod.ru/>

16. Devochkina N.L., Ivanova M.I., Nurmetov R.D., Dugunieva L.G. Waste-free fungi production in the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(650):012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012053> <https://www.elibrary.ru/ooapwo>

17. Разин А.Ф., Мещерякова Р.А., Девочкина Н.Л., Разин О.А. Оценка состояния грибоводства в России, риски при производстве продукции культивируемых грибов. *Экономика сельского хозяйства России*. 2020;(9):43–50. <https://doi.org/10.32651/209-43> <https://www.elibrary.ru/czfuoy>

18. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Нурметов Р.Д., Девочкина Н.Л., Разин О.А. Промышленное грибоводство как инновационное направление экономической деятельности в сфере АПК РФ. *Овощи России*. 2018;(3):89–92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-89-92> <https://www.elibrary.ru/xtxelb>

19. Мишуров Н.П., Немецкая Л.А., Манохина А.А., Осмоловский П.Д., Девочкина Н.Л., Дугуниева Л.Г. Перспективные экологически безопасные технологии рециклинга растительного сырья. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 88 с. ISBN: 978-5-7367-1766-8. <https://www.elibrary.ru/nvsstm>

20. Девочкина Н.Л., Мукиенко С.В., Селиванов В.Г., Рубцов А.А. Инновационные технологии и технические средства для промышленного производства культивируемых грибов. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 80 с. ISBN: 978-5-7367-1634-0. <https://www.elibrary.ru/cokqwo>

21. Девочкина Н.Л., Дугуниева Л.Г., Разин А.Ф., Иванова М.И., Нурметов Р.Д. Инвестиционная привлекательность промышленного грибоводства. *Экономика сельского хозяйства России*. 2018;(11):52–59. <https://www.elibrary.ru/yqoedr>

References

1. Carrasco J., Zied D.C., Pardo J.E., Preston G.M., Pardo-Giménez A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. *AMB Express*. 2018;8(1):146. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0678-0>

2. El Sheikh A.F., Hu D.-M. How to trace the geographic origin of mushrooms? *Trends in Food Science & Technology*. 2018;(78):292–303. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.06.008>

3. Rathore H., Prasad S., Sharma S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: a review. *PharmaNutrition*. 2017;5(2):35–46. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001>

4. Cardwell G., Bornman J.F., James A.P., Black L.J. A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. *Nutrients*. 2018;10(10):1498. <https://doi.org/10.3390/nu10101498>

5. Samsudin N.I.P., Abdullah N. Edible mushrooms from Malaysia: a literature review on their nutritional and medicinal properties. *Int. Food Res. J.* 2019;26(1):11–31.

6. Li M., Du H., Lin S. Flavor changes of *Tricholoma matsutake* singer under different processing conditions by using HS-GC-IMS. *Foods*. 2021;10(3):531. <https://doi.org/10.3390/foods10030531>

7. Roncero-Ramos I., Delgado-Andrade C. The beneficial role of edible mushrooms in human health. *Curr. Opin. Food Sci.* 2017;(14):122–128. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2017.04.002>

8. Rathore H., Sehwal S., Prasad S., Sharma S. Technological, nutritional, functional and sensorial attributes of the cookies fortified with *Calocybe indica* mushroom. *J. Food Meas. Charact.* 2019;(13):976–987.

9. Sysuev V.A., Shirokikh I.G., Shirokikh A.A., Yui Li. Mushrooms as a crop of agricultural production. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;1(62):4–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10> <https://www.elibrary.ru/ysactn>

10. Cheung P.C.K. The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin*. 2010;35(4):292–299. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01859.x>

11. Zhang Y., Geng W., Shen Y., Wang Y., Dai Y.-C. Edible mushroom cultivation for food security and rural development in China: bio-innovation, technological dissemination and marketing. *Sustainability*. 2014;6(5):2961–2973. <https://doi.org/10.3390/su6052961>

12. FAOSTAT Statistics database 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

13. Patel S., Goyal A. Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: a review. *3 Biotech*. 2012;2(1):1–15. <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0036-2>

14. <https://rosstat.gov.ru/>

15. <https://gribovod.ru/>

16. Devochkina N.L., Ivanova M.I., Nurmetov R.D., Dugunieva L.G. Waste-free fungi production in the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(650):012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012053> <https://www.elibrary.ru/ooapwo>

17. Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Devochkina N.L., Razin O.A. Assessment of mushroom growing in Russia, risks in the production of cultured mushrooms. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020;(9):43–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/209-43> <https://www.elibrary.ru/czfuoy>

18. Soldatenko A.V., Razin A.F., Nurmetov R.D., Devochkina N.L., Razin O.A. Industrial mushroom as an innovative direction economic activity in the sphere of the APC of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):89–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-89-92> <https://www.elibrary.ru/xtxelb>

19. Mishurov N.P., Nemenushchaya L.A., Manokhina A.A., Osmolovsky P.D., Devochkina N.L., Dugunieva L.G. Promising environmentally friendly technologies for recycling plant raw materials. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 88 p. ISBN: 978-5-7367-1766-8. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/nvsstm>

20. Devochkina N.L., Mukienko S.V., Selivanov V.G., Rubtsov A.A. Innovative technologies and technical means for the industrial production of cultivated mushrooms. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 80 p. ISBN: 978-5-7367-1634-0. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/cokqwo>

21. Devochkina N.L., Duguniyeva L.G., Razin A.F., Ivanova M.I., Nurmetov R.J. Investment attractiveness of an mushroom industry. *Economics of Agriculture of Russia*. 2018;(11):52–59. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yqoedr>

Об авторах:

Наталья Леонидовна Девочкина – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сектора защищенного грунта, <https://orcid.org/0000-0002-9623-5124>, Scopus ID 57213418449, Researcher ID J-6880-2018, SPIN-код: 7411-5740, green-hothouse@mail.ru

Татьяна Николаевна Сурихина – младший научный сотрудник лаборатории экономики и разработки отраслевых стандартов, <https://orcid.org/0000-0002-9211-9505>, Scopus ID 57222659437, ID J-6578-2018, SPIN-код: 2668-4577, 9153756862@mail.ru

Мария Ивановна Иванова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник сектора селекции и семеноводства луковых культур, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-код: 1961-9188, автор для переписки, ivanova_170@mail.ru

About the Authors:

Natalia L. Devochkina – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Scientific Researcher of the Protected soil Sector, <https://orcid.org/0000-0002-9623-5124>, Scopus ID 57213418449, Researcher ID J-6880-2018, SPIN-code: 7411-5740, green-hothouse@mail.ru

Tatyana N. Surikhina – Junior Researcher at the Laboratory of Economics and Development of Industry Standards, <https://orcid.org/0000-0002-9211-9505>, Scopus ID 57222659437, ID J-6578-2018, SPIN-code: 2668-4577, 9153756862@mail.ru

Maria I. Ivanova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Sector of Breeding and Seed Production of Onion Crops, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, SPIN-code: 1961-9188, Correspondence Author, ivanova_170@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-93-97>
УДК: 004.8:635.1/.7(470)

Т.Ю. Шабанов^{1,2,3*}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Челябинский государственный университет"

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

³ Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» 454001, Россия, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

*Автор для переписки: shabanovtyu@mail.ru

Вклад автора: Шабанов Т.Ю., обзор монографических источников по международной и российской практике использования искусственного интеллекта в агарных системах, систематизация и классификация проблем и перспектив использования ИИ в овощеводстве России.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шабанов Т.Ю. Искусственный интеллект в овощеводстве России: проблемы и перспективы. *Овощи России*. 2024;(6):93-97.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-93-97>

Поступила в редакцию: 10.09.2024

Принята к печати: 03.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Timofei Yu. Shabanov^{1,2,3*}

¹ Chelyabinsk State University

² South Ural State University (National Research University)

³ Financial University under the Government of the Russian Federation 129, Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russia

*Correspondence Author: shabanovtyu@mail.ru

Author's contribution: Shabanov T.Yu., review of monographic sources on international and Russian practice of using artificial intelligence in agrarian systems, systematization and classification of problems and prospects for using AI in vegetable growing in Russia.

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

For citation: Shabanov T.Yu. Artificial intelligence in vegetable growing in Russia: problems and prospects. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):93-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-93-97>

Received: 10.09.2024

Accepted for publication: 03.11.2024

Published: 29.11.2024

Искусственный интеллект в овощеводстве России: проблемы и перспективы

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Использование систем искусственного интеллекта (ИИ) имеет особое значение в трансформации современного российского овощеводства.

Методы. С помощью монографического метода, рассмотрена мировая и российская практика разработки и использования систем искусственного интеллекта на примере: CropX, John Deere, IBM Watson, AgEagle Aerial Systems, Blue River Technology, Farmwise, Taranis, Naiad Irrigation, Sustainable Agriculture Technology (SAT), Leader Technology, АгроКалипсо, группа компаний АгроВзгляд, Российские технологии и системы, Ростех Центр компетенций по искусственному интеллекту, АгроБот, Калуга Астра, Агросистемы, РосАгро, САФМАР, управляющая компания Агрико, агрофирма Садко, АгроЭко, АгроИнвест и прочие.

Результаты. Выявлен перечень проблем использования ИИ в овощеводстве, как: высокие первоначальные затраты на внедрение ИИ; недостаток квалифицированных кадров, обладающих необходимыми знаниями в области ИТ и агрономии; высокая вероятность технических сбоев, приводящая к потерям в производительности и увеличению затрат; сложность интеграции с существующими системами автоматизации; информационная безопасность баз данных; сложность подготовки данных; законодательные и этические риски; недостаток необходимой инфраструктуры; неблагоприятные климатические условия эксплуатации ИИ; сопротивление нововведениям со стороны персонала. Несмотря на выявленные проблемы, перспективы использования ИИ в овощеводстве России позволяют: оптимизировать агрономические процессы; улучшить качество прогнозирования и мониторинга; повысить уровень автоматизации; улучшить качество обработки данных; улучшить управляемость ресурсами; повысить уровень адаптации производства к потребности рынка; повысить адаптацию к условиям хранения и логистики цепочек поставок, повысить уровень информативности технологических процессов.

Заключение. Расширение практики использования ИИ позволит повысить эффективность и устойчивость развития овощеводства в стратегической перспективе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

искусственный интеллект, устойчивое развитие, повышение и эффективности, овощеводство, АПК

Artificial intelligence in vegetable growing in Russia: problems and prospects

ABSTRACT

Relevance. Using artificial intelligence (AI) systems is of particular importance in the transformation of modern Russian vegetable growing.

Methods. Using the monographic method, the world and Russian practice of developing and using artificial intelligence systems is considered using the example of: CropX, John Deere, IBM Watson, AgEagle Aerial Systems, Blue River Technology, Farmwise, Taranis, Naiad Irrigation, Sustainable Agriculture Technology (SAT), Leader Technology, AgroCalypso, AgroVzglyad group of companies, Russian technologies and systems, Rostec Artificial Intelligence Competence Center, AgroBot, Kaluga Astra, Agrosystems, RosAgro, SAFMAR, AgriCo management company, Sadko agrofirma, AgroEco, AgroInvest and others.

Results. A list of problems with the use of AI in vegetable growing is identified, such as: high initial costs of implementing AI; lack of qualified personnel with the necessary knowledge in the field of IT and agronomy; high probability of technical failures, leading to losses in productivity and increased costs; difficulty of integration with existing automation systems; information security of databases; difficulty of data preparation; legal and ethical risks; lack of necessary infrastructure; unfavorable climatic conditions for the operation of AI; resistance to innovations on the part of personnel. Despite the identified problems, the prospects for using AI in vegetable growing in Russia will allow: optimizing agronomic processes; improving the quality of forecasting and monitoring; increasing the level of automation; improving the quality of data processing; improving resource manageability; increasing the level of adaptation of production to market needs; increasing adaptation to storage conditions and supply chain logistics, increasing the level of information content of technological processes.

Conclusion. Expanding the practice of using AI will increase the efficiency and sustainability of vegetable growing in the strategic perspective.

KEYWORDS:

artificial intelligence, sustainable development, increasing efficiency, vegetable growing, agro-industrial complex

Введение

Искусственный интеллект (далее ИИ) — это область компьютерной науки, занимающаяся созданием систем и технологий, которые могут выполнять задачи, требующие интеллекта, обычно ассоциируемого с человеческими способностями. Это включает в себя такие функции, как обучение, понимание естественного языка, восприятие, рассуждения, решение проблем и принятие решений (к примеру, ГОСТ Р 59277-2020).

Обзор современной литературы [1-17] по проблематике применения ИИ в агарном производстве позволяет констатировать: несмотря на то, что искусственный интеллект предлагает множество возможностей, его использование требует особого подхода, чтобы минимизировать риски и обеспечить этичное и безопасное применение технологий. Основные аспекты искусственного интеллекта.

1. Обучение. Машинное обучение (ML): Раздел ИИ, который фокусируется на разработке алгоритмов, позволяющих программам "учиться" на основе данных. Это позволяет моделям адаптироваться и улучшаться с течением времени без необходимости в ручном программировании каждой задачи. Глубокое обучение: подраздел машинного обучения, использующий искусственные нейронные сети для анализа сложных данных, таких как изображения и звуки, что подходит для задач, таких как распознавание речи или компьютерное зрение.

2. Разумное поведение. ИИ-системы могут принимать решения и выполнять задачи, используя свои "знания" и "опыт", что позволяет им действовать более эффективно.

3. Обработка естественного языка (NLP). ИИ может понимать и генерировать текст или речь на естественном языке, что используется в таких приложениях, как чат-боты, виртуальные ассистенты и системы перевода.

4. Компьютерное зрение. Позволяет машинам "видеть" и понимать визуальную информацию из окружающего мира, что может использоваться, например, для распознавания объектов или анализа изображений.

5. Автономные системы. ИИ используется для создания автономных систем, таких как самоуправляемые автомобили, дроны и роботы, которые могут выполнять задачи без непосредственного вмешательства человека.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в овощеводстве приобретает всё большую актуальность [1-17] ввиду ряда факторов, способствующих повышению эффективности и устойчивости аграрного сектора.

1. Оптимизация процессов. ИИ помогает анализировать большие объемы данных, что позволяет оптимизировать процессы посева, обработки и сбора урожая. Например, алгоритмы могут предсказывать наилучшие сроки посадки и уборки урожая на основе климатических условий и анализа почвы.

2. Управление ресурсами. Искусственный интеллект может эффективно управлять ресурсами, такими как вода и удобрения. Системы, основанные на ИИ, способны анализировать потребности растений и предлагать оптимальные режимы полива и внесения удобрений,

что снижает затраты и минимизирует негативное влияние на окружающую среду.

3. Мониторинг здоровья растений. Современные технологии, такие как дроны и камеры, оснащенные ИИ, позволяют мониторить состояние растений, выявляя признаки заболеваний или стресса. Это позволяет фермеру своевременно реагировать на проблемы и увеличивать урожайность.

4. Прогнозирование урожайности. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать прошлые данные о климате, здоровье растений и других факторах, чтобы предсказать будущую урожайность. Это способствует более точному планированию и распределению ресурсов.

5. Автоматизация процессов. Роботы и автоматизированные системы, использующие ИИ, могут выполнять рутинные задачи, такие как сбор урожая или удаление сорняков. Это не только увеличивает эффективность, но и снижает зависимость от человеческой рабочей силы.

6. Адаптация к климатическим изменениям. С учетом изменения климата, технологии ИИ могут помочь агрономам адаптировать свои методы ведения хозяйства, учитывая изменения в погодных условиях и новых патогенах.

7. Устойчивое развитие. ИИ может содействовать устойчивому овощеводству, помогая уменьшить использование химических веществ, минимизируя потери ресурсов и улучшая экосистемы.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в овощеводстве открывает новые горизонты повышения продуктивности, эффективности и устойчивости аграрного производства.

Цель и задачи исследования – рассмотреть основные результаты, проблемы и перспективы ИИ в овощеводстве России.

Методы и материалы

Использован общеизвестный монографический метод исследования информационных порталов, как Национальный портал в сфере Искусственного интеллекта (ai.gov.ru), портал правительства США по искусственному интеллекту (www.ai.gov), Европейский портал о ИИ (www.ai4europe.eu), российская и международная публицистика [1-17].

Результаты

Обобщим и систематизируем результаты проведенного монографического анализа. Иностранный опыт использования ИИ представлен следующими достижениями в сфере автоматизации и интенсификации производственных процессов, которые позволяют при меньшем количестве задействованных ресурсов получать больше результатов высокого качества.

1. CropX – компания, которая предлагает решения для точного земледелия с использованием ИИ для анализа данных о почве и оптимизации полива.

2. John Deere – известный производитель сельскохозяйственной техники, который внедряет технологии ИИ в свои машины для автоматизации процессов и улучшения управления полями.

3. IBM Watson – IBM работает над различными решениями для аграрного сектора, используя свою плат-

форму ИИ Watson для анализа данных и улучшения принятия решений для фермеров.

4. AgEagle Aerial Systems – компания специализируется на использовании дронов и ИИ для мониторинга сельскохозяйственных культур, что позволяет получать данные о состоянии растений в реальном времени.

5. Blue River Technology – принадлежит компании John Deere, предлагает решения для распознавания растений и автоматизированного опрыскивания с использованием ИИ для повышения эффективности ухода за культурами.

6. Farmwise – разрабатывает автономные роботы, которые используют ИИ для автоматического удаления сорняков на полях, что снижает потребность в химикатах.

7. Taranis – платформа, использующая ИИ и машинное зрение для мониторинга полей, анализа изображений и выявления проблем с растениями, что позволяет фермерам принимать более обоснованные решения.

8. Naiad Irrigation – разрабатывает решения для управления поливом, используя ИИ для анализа данных о погоде и почве, что позволяет оптимизировать использование воды.

9. Sustainable Agriculture Technology (SAT) – компания разрабатывает технологии для мониторинга сельскохозяйственных операций с использованием ИИ, способствуя улучшению устойчивости и продуктивности.

10. AG Leader Technology – производит программное обеспечение и оборудование для управления сельскохозяйственными процессами, включая инструменты для анализа данных на основе ИИ.

В России также существует ряд компаний, работающих в области разработок решений на основе ИИ, которые могут применяться в овощеводстве и сельском хозяйстве в целом. Применение ИИ позволяет внедрять технологии бережливого производства (см. к примеру ГОСТ Р 56404-2021) и автоматизации (ГОСТ Р ИСО 18828-3-2020, методологии ERP, CMR, WMS, MES и прочие), что по различным оценкам практикам внедрения позволяет повысить рентабельность производства в 1,2-2 раза путем снижения затрат 1,5-3 раза и повышения качества продукции 1,5...2 раза.

1. "АгроКалипсо" – компания разрабатывает технологии для автоматизации и оптимизации процессов агропроизводства, включая использование ИИ для мониторинга состояния растений и прогнозирования урожайности.

2. Группа компаний "АгроВзгляд" – компания, занимающаяся разработкой программного обеспечения для агросектора. В разработках используется искусственный интеллект для анализа данных и принятия решений в овощеводстве.

3. РТС (Российские технологии и системы) – разрабатывает системы для автоматизации и мониторинга агропроизводства, внедряя решения на основе ИИ для повышения эффективности.

4. "Ростех" – группа компаний, работающая в различных областях, в том числе в агропромышленном комплексе, разрабатывает инновационные решения,

включая системы на базе ИИ для повышения продуктивности сельского хозяйства.

5. "Центр компетенций по искусственному интеллекту" – консорциум, включающий различные российские компании и исследовательские организации, который занимается разработкой и внедрением технологий ИИ в различные отрасли, включая сельское хозяйство.

6. "АгроБот" – разрабатывает решения для автоматизации операций в сельском хозяйстве, включая применение робототехники и ИИ для ухода за растениями.

7. "Калуга Астра" – использует системы компьютерного зрения и машинное обучение для диагностики растений и управления производственными процессами.

8. "Агросистемы" – предлагают решения для контроля температуры, влажности и освещения в тепличных комплексах с помощью автоматизированных систем.

В России существуют агропредприятия, где активно используют ИИ.

1. "РосАгро" – использует современные технологии для управления теплицами, включая интеллектуальные датчики и автоматические системы полива.

3. "САФМАР" – применяет ИИ для оптимизации логистики и управления цепочками поставок в агрономии.

4. "Управляющая компания "Агрико" – использует ИИ для предсказания климатических условий и управления ресурсами.

5. "Агрофирма "Садко" – активно применяет ИИ для мониторинга урожайности и анализа данных о состоянии растений.

6. "АгроЭко" – компания, специализирующаяся на производстве органических продуктов, применяет ИИ для мониторинга почвы и оптимизации условий роста.

8. "АгроИнвест" – использует аналитику больших данных и ИИ для повышения эффективности производства.

Это лишь некоторые из компаний, использующие ИИ в России. Рынок технологий ИИ активно развивает бизнес и государство. Существует проект «Искусственный интеллект» Минэкономразвития для решения задач по развитию высокотехнологичной отрасли «Искусственный интеллект», сформирован Альянс искусственного интеллекта, включающий заинтересованных в развитии отрасли (ПАО «Сбербанк», «Яндекс», VK, «Газпром нефть» и Российский фонд прямых инвестиций (РФПИ) и прочие. Повышение квалификации в сфере ИИ прошли 3675 преподавателя высшего образования (2023 год – 1751 чел.), а также 32002 школьных учителя (2023 год – 16300 чел.).

Использование ИИ в овощеводстве в России, как и в других странах, сопряжено с рядом проблем:

1. Высокие первоначальные затраты. Внедрение технологий ИИ требует значительных инвестиций в оборудование, программное обеспечение и обучение персонала. Это может быть сложно для небольших хозяйств.

2. Недостаток квалифицированных кадров. Имеется недостаток специалистов, обладающих необходимыми

ми знаниями в области ИТ и агрономии, что затрудняет внедрение и поддержку технологий ИИ.

3. Технические проблемы. Работа с высокими технологиями может быть связана с техническими сбоями, что приводит к потерям в производительности и увеличению затрат.

4. Сложности в интеграции с существующими системами. Многие хозяйства уже используют различные технологии, и интеграция ИИ с существующими системами может быть сложной задачей.

5. Доступ к данным. Для эффективного использования ИИ необходимы большие объемы данных, которые могут быть сложно собрать, особенно в условиях небольших хозяйств.

6. Проблемы с качеством данных. Сбор данных может быть затруднен, и их качество может варьироваться, что негативно сказывается на эффективности моделей ИИ.

7. Законодательные и этические риски. Внедрение ИИ может поднимать вопросы защиты данных, ответственности за ошибки и влияние на занятость.

8. Отсутствие инфраструктуры. В некоторых регионах России может не хватать необходимой инфраструктуры, такой как интернет-соединение, что ограничивает возможности использования технологий.

9. Климатические условия. Разнообразие климатических условий в разных регионах страны может затруднить применение универсальных решений на основе ИИ.

10. Сопротивление изменениям. Некоторые аграрники могут быть настроены скептически и не готовы к внедрению новых технологий, предпочитая традиционные методы ведения хозяйства.

Несмотря на эти проблемы, использование ИИ в овощеводстве имеет большой потенциал для повышения эффективности и устойчивости производства, и работа в данном направлении может принести значительные выгоды в долгосрочной перспективе.

Перспективы использования искусственного интеллекта (ИИ) в овощеводстве России весьма многообещающие, и внедрение этих технологий может способствовать улучшению эффективности и устойчивости этого сектора.

1. Оптимизация агрономических процессов. ИИ может помочь аграрникам принимать более обоснованные решения по выбору сортов, времени посадки, удобрениям и поливу, что позволит повысить урожайность и качество продукции.

2. Прогнозирование и мониторинг. Использование ИИ для анализа данных о погоде, почве и растениях позволяет предсказывать возможные проблемы (например, болезни или вредителей) и принимать меры до того, как они станут критическими.

3. Автоматизация. ИИ может быть интегрирован с роботизированными системами, что позволит автоматизировать процессы посадки, ухода за растениями и сбора урожая, снижая затраты на труд и повышая производительность.

4. Анализ больших данных. Современные технологии позволяют собирать и обрабатывать огромные объемы данных, что помогает в принятии оптимальных управленческих решений на основе анализа данных о прошлых урожаях, условиях окружающей среды и многом другом.

5. Управление ресурсами. ИИ может способствовать более рациональному использованию ресурсов, таких как вода и удобрения, путем точного контроля и управления процессами, что поможет сократить расходы и негативное влияние на окружающую среду.

6. Состояние рынка и уровень цен. ИИ может использоваться для прогноза рыночных трендов и помощи в стратегии сбыта, анализируя спрос на овощи, конкуренцию и цены на рынке.

7. Климатическая устойчивость. ИИ может помочь адаптировать овощеводство к изменениям климата, предлагая адаптивные методы и стратегии управления для различных климатических условий и рисков.

8. Совершенствование логистики. ИИ может оптимизировать цепочку поставок, минимизировать потери на этапе транспортировки и хранения продуктов, а также улучшить планирование доставки.

9. Обучение и поддержка. Платформы на базе ИИ могут предоставить аграрникам доступ к информации и рекомендациям по лучшим практикам ведения хозяйства, что позволит повышать уровень знаний и навыков в отрасли.

10. Развитие исследований. Партнёрства между научными учреждениями, аграрными предприятиями и ИТ-компаниями могут стимулировать инновации в области овощеводства, включая геномное редактирование и селекцию, основанные на данных.

Обсуждение и заключение

Попытка описать общеизвестные достижения ИИ в овощеводстве на примере конкретных агропредприятий и инициатив, позволила систематизировать и классифицировать основные проблемы и перспективы при использовании ИИ в овощеводстве. Автор не ставил задачу рассмотрения практического опыта внедрения ИИ (как процедуры), так как слишком мало реальных фактов из практики и информация носит закрытый характер. К сожалению, еще слишком мало доступных монографий и научных работ по теме ИИ, и большая часть информации содержится на специальных электронных ресурсах, посвященных ИИ.

В целом, ИИ имеет потенциал для трансформации овощеводства в России, способствуя более эффективным, устойчивым и менее затратным методам ведения сельского хозяйства. Однако для реализации этих перспектив необходимо преодолеть существующие вызовы, такие как недостаток финансовых ресурсов, необходимость в обучении и повышении квалификации работников, а также развитие соответствующей инфраструктуры.

Внедрение ИИ в овощеводстве и других отраслях сельского хозяйства представляет собой важный шаг к повышению экономической эффективности. Хотя начальные инвестиции могут быть значительными, потенциальные выгоды в виде снижения затрат, увеличения производительности и улучшения качества продукции могут компенсировать эти расходы в долгосрочной перспективе. Успех зависит от способности компаний адаптироваться к новым технологиям и эффективно использовать полученные данные для повышения конкурентоспособности.

• Литература

1. Вертакова Ю.В., Катков Ю.Н., Романова А.А. Формирование информационно-аналитического обеспечения управления кадровым потенциалом организаций АПК с использованием искусственного интеллекта. *Друkerovskij vestnik*. 2024;1(57):112-128. <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2024-1-112-128> <https://elibrary.ru/cvkiqz>
2. Волов Ю.М. Влияние искусственного интеллекта на развитие АПК. *Вестник Московского Международного Университета*. 2024;2(2):64-67. <https://elibrary.ru/pmqtwh>
3. Зацаринный А.А., Меденников В.И., Райков А.Н. Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК. *Информационное общество*. 2023;(1):127-138. https://doi.org/10.52605/16059921_2023_01_127 <https://elibrary.ru/nmkkkz>
4. Искусственный интеллект на службе АПК: приоритеты, цели и задачи. *Аграрная наука*. 2023;(8):14-15. <https://elibrary.ru/keykrn>
5. Наконечная О.А., Соловьева А.Е. Приоритетные решения применения искусственного интеллекта в АПК. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2023;7(101):136-138. <https://elibrary.ru/rmxnri> <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-7-136-138>
6. Федотова Г.В., Сложенкина М.И., Митрофанова И.В., Ламзин Р.М. Искусственный интеллект как инновационный вектор управления региональным АПК. *Региональная экономика. Юг России*. 2021;9(1):152-162. <https://elibrary.ru/lmzzxd> <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.1.13> (Дата обращения 15.10.2024)
7. Яковлева Е.В., Быков М.О. Обзор примеров искусственного интеллекта управления безопасностью труда в АПК. *Вестник сельского развития и социальной политики*. 2020;4(28):26-28. <https://elibrary.ru/hrucxd>
8. Илйшев А.П., Толмачев О.М. Искусственный интеллект и нейросетевые технологии в цифровой платформе прорывного развития российского АПК. *Экономика и социум: современные модели развития*. 2019;9(4(26)):492-507. <https://doi.org/10.18334/ecsoc.9.4.100453> <https://elibrary.ru/cuufov>
9. Шутьков А.А., Анищенко А.Н. Будущее искусственного интеллекта, нейросетей и цифровых технологий в АПК. *Экономика и социум: современные модели развития*. 2019;9(4(26)):508-522. <https://doi.org/10.18334/ecsoc.9.4.100454> <https://elibrary.ru/rvwtq>
10. Шеляг М.М. Применение систем искусственного интеллекта для исследования влияния структуры себестоимости на объемы производства в АПК. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2005;(10):36-43. <https://elibrary.ru/jwxnox>
11. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020;(4):58-73. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2020.04.002>
12. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A Review. *Agricultural System*. 2017;(153):69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
13. Rohani A., Taki M., Bahrami G. Application of artificial intelligence for separation of live and dead rainbow trout fish eggs. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2019;(1):27-34. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2019.03.002>
14. Runowski H., Kramarz P. Trust in artificial intelligence in agriculture. *Trust and Artificial Intelligence*. 2024. P. 229-241. <https://doi.org/10.4324/9781032627236-21>
15. Sachithra V., Subhashini L.D.C.S. How artificial intelligence uses to achieve the agriculture sustainability: Systematic review. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2023;(8):46-59. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2023.04.002>
16. Subeesh A., Mehta C.R. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2021;(5):278-291. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2021.11.004>
17. Ahmed L., Nabi F. AI (Artificial Intelligence) Driven Smart Agriculture. *Agriculture 5.0: Artificial Intelligence, IoT, and Machine Learning*, 2021. P. 123-134. <https://doi.org/10.1201/9781003125433-5>

• References

1. Vertakova Yu.V., Katkov Yu.N., Romanova A.A.I. Formation of information and analytical support for the management of the personnel potential of agricultural organizations using artificial intelligence. *Drukerovskij vestnik*. 2024;1(57):112-128. <https://doi.org/10.17213/2312-6469-2024-1-112-128> <https://elibrary.ru/cvkiqz>
2. Volov Yu.M. Influence of artificial intelligence on the development of agricultural industry. *Vestnik scientific journal*. 2024;2(2):64-67. <https://elibrary.ru/pmqtwh>
3. Zatsarinny A.A., Medennikov V.I., Raikov A.N. Integration of agricultural artificial intelligence applications into a single digital platform. *Information society*. 2023;(1):127-138. https://doi.org/10.52605/16059921_2023_01_127 <https://elibrary.ru/nmkkkz>
4. Artificial intelligence in the service of the agro-industrial complex: priorities, goals and objectives. *Agrarian science*. 2023;(8):14-15. <https://elibrary.ru/keykrn>
5. Nakonechnaya O.A., Solovieva A.E. Priority solutions for the use of artificial intelligence in agriculture. *Economy and business: theory and practice*. 2023;7(101):136-138. <https://elibrary.ru/rmxnri> <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-7-136-138>
6. Fedotova G.V., Slozhenkina M.I., Mitrofanova I.V., Lamzin R.M. Artificial intelligence as an innovative vector of managing the regional agro-industrial complex. *Regional economy. south of Russia*. 2021;9(1):152-162. <https://elibrary.ru/lmzzxd> <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2021.1.13>
7. Yakovleva E.V., Bykov M.O. Review of examples of artificial intelligence for labor safety management in the agro-industrial complex. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki*. 2020;4(28):26-28. <https://elibrary.ru/hrucxd>
8. Ilishev A.P., Tolmachev O.M. Artificial intelligence and neural network technologies in a digital platform for the breakthrough development of the Russian agricultural sector. *Economics and society: contemporary models of development*. 2019;9(4(26)):492-507. <https://doi.org/10.18334/ecsoc.9.4.100453> <https://elibrary.ru/cuufov>
9. Shutkov A.A., Anishchenko A.N. The future of artificial intelligence, neural networks and digital technologies in agriculture. *Economics and society: contemporary models of development*. 2019;9(4(26)):508-522. <https://doi.org/10.18334/ecsoc.9.4.100454> <https://elibrary.ru/rvwtq>
10. Shelyag M.M. Application of artificial intelligence systems to study the impact of cost structure on production volumes in the agro-industrial complex. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2005;(10):36-43. <https://elibrary.ru/jwxnox>
11. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020;(4):58-73. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2020.04.002>
12. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A Review. *Agricultural System*. 2017;(153):69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
13. Rohani A., Taki M., Bahrami G. Application of artificial intelligence for separation of live and dead rainbow trout fish eggs. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2019;(1):27-34. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2019.03.002>
14. Runowski H., Kramarz P. Trust in artificial intelligence in agriculture. *Trust and Artificial Intelligence*. 2024. P. 229-241. <https://doi.org/10.4324/9781032627236-21>
15. Sachithra V., Subhashini L.D.C.S. How artificial intelligence uses to achieve the agriculture sustainability: Systematic review. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2023;(8):46-59. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2023.04.002>
16. Subeesh A., Mehta C.R. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2021;(5):278-291. <https://doi.org/10.1016/j.aia.2021.11.004>
17. Ahmed L., Nabi F. AI (Artificial Intelligence) Driven Smart Agriculture. *Agriculture 5.0: Artificial Intelligence, IoT, and Machine Learning*, 2021. P. 123-134. <https://doi.org/10.1201/9781003125433-5>

Об авторе:

Тимофей Юрьевич Шабанов – кандидат экономических наук, SPIN-код: 6245-9009, <https://orcid.org/0000-0003-1778-5310>, автор для переписки, shabanovtyu@mail.ru

About the Author:

Timofei Yu. Shabanov – Cand. Sci. (Economic), SPIN-code: 6245-9009, <https://orcid.org/0000-0003-1778-5310>, Corresponding Author, shabanovtyu@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>
УДК: 635.632:631.811.98(470.31)

А.Э. Маркарова¹, М.Ю. Маркарова¹,
С.М. Надежкин^{1,2*}

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 УОПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова 141592, Россия, Московская область, г.о. Солнечногорск, дер. Чашниково

*Автор для переписки: nadegs@yandex.ru

Вклад авторов: Маркарова А.Э.: проведение полевых исследований, выполнение биохимических анализов, статистическая обработка данных. Маркарова М.Ю.: проведение полевых исследований, изготовление биостимулятора МБК-БИС, подготовка черновика текста статьи. Надежкин С.М.: научное и методическое руководство, работа над рукописью и редактирование статьи

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

Для цитирования: Маркарова А.Э., Маркарова М.Ю., Надежкин С.М. Эффективность использования биостимуляторов на капусте белокачанной в Нечерноземной зоне Российской Федерации. *Овощи России*. 2024;(6):98-105. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>

Поступила в редакцию: 29.10.2024

Принята к печати: 15.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Anna E. Markarova¹, Maria Yu. Markarova¹,
Sergey M. Nadezhkin^{1,2*}

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

² UOPEC MSU named after M.V. Lomonosov village Chashnikovo, o. Solnechnogorsk, Moscow region, 141592, Russia

*Corresponding Author: nadegs@yandex.ru

Authors' Contribution: Markarova A.E.: conducting field studies, performing biochemical analyses, statistical data processing. Markarova M.Yu.: conducting field studies, manufacturing the MBK-BIS biostimulator, preparing the article text. Nadezhkin S.M.: scientific and methodological guidance, working on the manuscript and editing the article.

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

For citation: Markarova A.E., Markarova M.Yu., Nadezhkin S.M. The influence of biostimulations on the yield and quality of *Brassica oleracea* hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):98-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>

Received: 29.10.2024

Accepted for publication: 15.11.2024

Published: 29.11.2024

Эффективность использования биостимуляторов на капусте белокачанной в Нечерноземной зоне Российской Федерации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Необходим поиск методов получения экологически безопасной продукции и снижения пестицидной нагрузки на агробиоценозы. Биостимуляторы способны влиять на увеличение урожайности овощных культур и улучшение их качества, что подтверждается многочисленными исследованиями. Стимулирующие эффекты зависят от совокупности различных биотических и абиотических факторов. Целью исследования была оценка влияния биостимуляторов на показатели урожайности и качества капусты белокачанной в условиях Центрально-Нечерноземной зоны на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах.

Методика. Полевой опыт проведен в условиях Нечерноземной зоны РФ на дерново-подзолистой почве в 2019-2021 годах. В опыте с двумя гибридами капусты белокачанной F₁ Зарница (среднеранний) и F₁ Мечта (позднеспелом) изучены биостимуляторы Агрофил и МБК-БИС для замачивания семян, рассады и фоллиарной обработки. В качестве контроля рассматривали варианты без удобрения (абсолютный контроль) и фон N₉₀P₁₂₀K₁₅₀.

Результаты. Влияние минеральных удобрений на обоих гибридах характеризовалось увеличением массы кочанов на 11,7 и 23,5% соответственно. При обработке семян масса кочанов возрастала на 15-18% к фону. Дополнительная обработка стимуляторами для замачивания рассады в Агрофиле и фоллиарной обработки препаратом МБК-БИС увеличивала массу кочанов в сравнении с фоном у гибрида F₁ Зарница на 21,4 и 23,3%, F₁ Мечта – на 21,4 и 25,4%. Вклад биостимуляторов на урожайность использованных гибридов капусты более выражен на позднеспелом гибриде, что напрямую зависит от количества осадков за период вегетации. Изученные биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, клетчатки, суммы сахаров в кочанах капусты.

Заключение. Биостимуляторы МБК-БИС и Агрофил эффективны для увеличения урожайности и улучшения биохимического состава изученных гибридов капусты белокачанной в условиях Нечерноземной зоны России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

капуста белокачанная, гибрид, биостимуляторы, Агрофил, урожайность, товарность, биохимический состав

The influence of biostimulations on the yield and quality of *Brassica oleracea* hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. It is necessary to search for methods for obtaining environmentally friendly products and reducing the pesticide load on agrobiocenoses. Biostimulants can influence the increase in the yield of vegetable crops and improve their quality, which is confirmed by numerous studies. Stimulating effects depend on a combination of various biotic and abiotic factors. The aim of the study was to assess the effect of biostimulants on the yield and quality of *Brassica Oleracea* in the conditions of the Central Non-Chernozem zone on heavy loamy sod-podzolic soils.

Methodology. A field experiment was carried out in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation on sod-podzolic soil in 2019-2021. In an experiment with two hybrids of *Brassica Oleracea*: F₁ Zarnitsa (mid-early) and F₁ Mechta (late-ripening), biostimulants Agrofil and MBK-BIS were studied for soaking seeds, seedlings and foliar treatment. The control variants were without fertilizer (absolute control) and the N₉₀P₁₂₀K₁₅₀ background.

Results. The effect of mineral fertilizers on both hybrids was characterized by an increase in the weight of heads of cabbage by 11.7 and 23.5%, respectively. When treating seeds, the weight of heads of cabbage increased by 15-18% compared to the background. Additional treatment with stimulants for soaking seedlings in Agrofil and foliar treatment with the MBK-BIS preparation increased the weight of heads of cabbage in comparison with the background in the F₁ Zarnitsa hybrid by 21.4 and 23.3%, F₁ Mechta – by 21.4 and 25.4%. The contribution of biostimulants to the yield of the used cabbage hybrids is more pronounced in the late-ripening hybrid, which directly depends on the amount of precipitation during the growing season. The studied biostimulants contribute to an increase in the content of vitamin C, fiber, and the amount of sugars in cabbage heads.

Conclusion. Biostimulants MBK-BIS and Agrofil are effective for increasing the yield and improving the biochemical composition of the studied *Brassica oleracea* hybrids in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia.

KEYWORDS:

Brassica oleracea, hybrid, biostimulants, Agrofil, productivity, marketability, biochemical composition



Введение

Биостимуляторы – препараты преимущественно природного происхождения, применяемые в ультра- и малых дозах для модификации физиологических и биохимических процессов растений с целью более полной реализации генетического потенциала их продуктивности посредством изменения гормонального статуса, активации метаболических процессов, стимуляции роста, развития и усиления способности противостоять негативному действию стрессовых факторов различной природы [1, 2].

Интерес к биологическим препаратам на основе природных штаммов микроорганизмов, способных вырабатывать различные ростостимулирующие вещества, возрастает в связи с необходимостью минимизации рисков поступления в окружающую среду и накопления пестицидов и других опасных веществ за счет частичной или полной замены химикатов на экологически безопасные агрохимикаты [3].

К микробиологическим относятся те биопрепараты, в составе которых содержатся живые клетки микроорганизмов и их метаболиты. Это могут быть препараты на основе бактерий, микроскопических грибов, комбинированные препараты, а так же препараты, содержащие помимо живых культур, продукты их жизнедеятельности [4].

Использование микробных препаратов в сельском хозяйстве значительно возросло за последние десятилетия. Биоудобрения – это биологические продукты, содержащие живые микроорганизмы, которые при нанесении на семена, поверхность растений или почвы способствуют росту таких механизмов, как увеличение поступления питательных веществ, увеличение биомассы корня или площади корня, а также увеличение способность растений поглощать питательные вещества [5].

При разработке и использовании микробных инокулянтов необходимо учитывать несколько факторов. Например, вид и сорт растения иногда могут быть определяющим фактором в получении результата от использования биоудобрений. Корневые выделения растений поддерживают активность инокулированных микроорганизмов и активизируют образование ими биологически активных веществ [6].

Воспроизводимость эффектов микробных инокулянтов необходима для испытаний в различных типах почв и условиях окружающей среды. Инокулированные микроорганизмы должны выжить в выбранном составе и продемонстрировать желаемую активность после инокуляции. При использовании в традиционном сельском хозяйстве микроорганизмы также должны быть совместимы с агрохимикатами, традиционно используемыми на той или иной культуре [7].

Так, фосфатмобилизующие микроорганизмы способны увеличивать доступность фосфора для растений, ферментативно гидролизуют органические формы фосфатов, количество которых в почвах иногда достаточно большая, что может значительно улучшать фосфорное питание инокулированных растений. Микробные метаболиты активно растворяют минералофосфаты, привлекая их с неактивной части почвы к обмену веществ в растениях [8].

Обработка семян ризосферными диазотрофами способна увеличивать биомассу корней, повышать поступление в корневую систему элементов питания и стимулировать прорастание семян вследствие продуцирования биологически активных веществ, таких как витаминов, ауксинов, гиббереллинов и ингибирования развития патогенной микрофлоры. Так, бактерии рода *Pseudomonas* sp. характеризуются высоким производством гормонов, способствующих более полному развитию корневой системы вследствие действия специфических метаболитов [1]. На культурных растениях была показана эффективность использования микробных биопрепаратов комплексного действия, созданных на основе внеклеточных ростостимулирующих ризобактерий, способных образовывать с ними ассоциативный симбиоз и являющихся стимуляторами увеличения корневой массы [9]. Эффективность биопрепаратов Агрофил на основе бактерий *Agrobacterium radiobacter*, и Флавобактерин на основе симбиотрофных бактерий *Flavobacterium* sp. показана для улучшения укоренения черенков фикуса [10].

В аридных условиях Астраханской области была показана эффективность некорневой обработки гибрида белокочанной капусты F₁ Агрессор и сорта Зимовка препаратом Новосил [11, 12]. Препарат Силк наилучшим образом увеличивал урожайность белокочанной капусты в условиях Кабардино-Балкарии [13].

В условиях центральной Нечерноземной зоны было выявлено положительное влияние препаратов Циркон и Эпин на фоне расчетных доз минеральных удобрений на приживаемость (до 93%) и урожайность (до 90-93 т/га) капусты белокочанной, при обработке ими капусты после высадки рассады [14]. В условиях Нечерноземья на среднесуглинистых аллювиально-луговых почвах Московской области показано положительное влияние препаратов «Завязь» и «Оберег» на урожайность и качество голландского гибрида капусты белокочанной F₁ Дискавер [15]. Испытание в качестве стимулятора роста Эстрасол на аллювиально-луговых среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны РФ не показало заметного влияния на урожайность капусты белокочанной F₁ Континент, а подкормки растений во время вегетации минеральными удобрениями увеличили урожайность на 10-12% [16].

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Красноярского края применение полифункционального биологического препарата Микробиовит (МБВ) [17], путем внесения в почву и опрыскивания растений свеклы и капусты, оказался высокоэффективным для этих овощных культур. Прибавка урожайности в опыте с МБВ для свеклы составила 56% или 23,6 т/га, для капусты – 36% или 17,6 т/га по сравнению с контролем. Применение МБВ было эквивалентно дозе азотных удобрений N50-70 и способствовало экономии минерального азота [17].

Таким образом, рынок биостимуляторов на основе природных микроорганизмов очень обширный, их использование в овощеводстве оправдано хорошими показателями в отношении повышения урожайности и качества овощей. Но для получения устойчивого эффекта в разных природных зонах необходимо испытание препаратов на конкретных культурах. Но при выращивании овощей открытого грунта роль минераль-

ного питания очень важна. Наличие элементов минерального питания в доступной для растений форме является основой для получения высоких урожаев [18].

Целью исследования была оценка влияния биостимуляторов на показатели урожайности и качества капусты белокочанной среднераннего и позднеспелого гибридов в условиях Центрально-Нечерноземной зоны на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах.

Условия, объекты и методы исследований

Полевые исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК в период с 2019 по 2021 годы. Почвы дерново-подзолистые тяжелосуглинистые, характеризуется низким содержанием гумуса, очень высоким подвижного фосфора и высоким- подвижного калия.

Погодные условия 2019-2021 годов

Данные по погодным условиям были получены на метеостанции ФГБНУФНЦО. Температура воздуха отличалась как от среднесезонной, так и по годам. Максимальные значения были отмечены в 2021 году, практически в течение всего периода вегетации (рис.1).

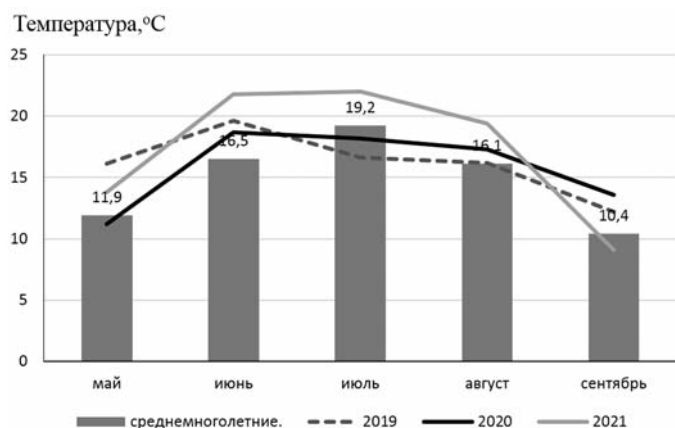


Рис. 1. Температура воздуха в период с 2019 по 2021 годы
Fig. 1. Air temperature in the period from 2019 to 2021

Для этого же года отмечено минимальное количество осадков (рис.2). 2020 год отличался аномальными значениями выпавших за вегетацию осадков и близкой к среднесезонным значениям температурой. В 2019 году были отмечены температурные значения близкие и ниже среднесезонных, и особенно низкие значения были характерны для середины лета (рис. 1) и ниже среднесезонных показателями осадков, что во многом негативно отражалось на росте большинства овощных культур, и, в частности, капусты.

Объекты исследований

Гибриды капусты белокочанной F₁ Зарница (среднеранний) и F₁ Мечта (позднеспелый) выведены в ФГБНУ ФНЦО.

F₁ Зарница – среднеранний гибрид. Розетка листьев приподнятая. Лист среднего размера, зеленый со слабым восковым налетом, пузырчатый, слабоволнистый по краю. Кочан округлый, частично покрытый, на разрезе беловатый. Наружная кочерыга и внутренняя кочерыги средней длины. Масса кочана – 0,8-1,8 кг, плот-

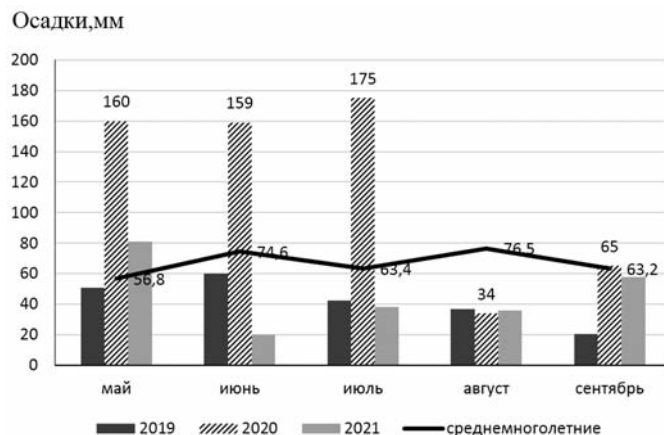


Рис.2. Количество осадков вегетационного периода 2019 по 2021 годы
Fig. 2. Amount of precipitation during the growing season 2019-2021

ность – 4,5 балла. Вкус хороший и отличный. Товарная урожайность – 50-70 т/га.

F₁ Мечта – позднеспелый гибрид, для потребления в пищу с декабря по май. Кочан плотный, сочный, с высоким содержанием сахаров и витамина С. Хранение без ухудшения качества в течение 7 месяцев при температуре не выше 1°С. Масса кочана – 2-3 кг, урожайность 70-80 т/га, товарность высокая [19].

Описание биопрепаратов

В опытах испытывали разработанный в ФНЦО экспериментальный консорциум МБК-БИС, как биостимулятор.

МБК-БИС разработан на основе двух штаммов почвенных микроорганизмов: коринеформных бактерий *Rhodococcus equi* и почвенных дрожжей *Rhodotorula glutinis*. Испытуемые микроорганизмы способны вырабатывать физиологически-активные вещества, в первую очередь накапливают в культуральной жидкости в процессе роста аминокислоты, которые, как известно [20], способны оказывать на растения стимулирующий и антистрессовый эффект. Наиболее продуктивно происходит выработка аминокислот в присутствии дрожжей рода *Rhodotorula*. Только *Rhodotorula* вырабатывает пролин. Бактерии рода *Rhodococcus* более интенсивно выделяют в среду валин. Обе культуры накапливают в значительном количестве аспаргиновую и глутаминовую кислоты, аланин, валин и лизин.

МБК-БИС готовили методом глубинной ферментации на полусинтетических жидких питательных средах, где в качестве единственного источника углерода выступала сахароза. Биомассу каждого штамма нарабатывали отдельно в условиях интенсивной аэрации. Титр живых клеток в рабочем растворе МБК-БИС составлял 1,5-1,8X10⁷. Соотношение численности *Rhodococcus*: *Rhodotorula* соответственно (%) 70:30. Для получения рабочего раствора четырехсуточные препараты объединяли и разводили водой в 100 раз.

В качестве эталона для сравнения испытывали биопрепарат Агрофил (ВНИСХМБ) [21], на основе *Agrobacterium radiobacter*, на торфоносителе. Расход препарата для замачивания семян и замачивания рассады – в соответствии с рекомендациями разработчика.

Агротехника

Рассаду капусты готовили путем посева семян в кассеты, куда предварительно набивали увлажненный торф Агробалт. Использованы кассеты 8Х8 ячеек. Подготовка рассады проводилась в теплице с конца апреля по начало июня. Высадка рассады капусты проводилась вручную.

Перед высадкой рассады в поле проводилась весенняя перепахка почвы, боронование. Фон минерального питания интенсивный ($N_{90}P_{120}K_{150}$), кроме абсолютного контроля (без удобрения), основан на данных анализа агрохимических свойств почв и выноса NPK с урожаем основной и побочной продукции, и предусматривает получение плановой урожайности капусты белокочанной среднеранней – 50-70 т/га, среднепоздней 70-80 т/га. Схема посадки капусты – 0,7х0,4. Густота стояния 28,0-30,0 тыс. растений/га. Вариантов по каждому гибриду – 6, повторность трехкратная.

Схема двухфакторного опыта (6х2)х3: со следующими факторами и грациями.

Фактор А – варианты опыта: 1. Контроль абсолютный, без удобрения; 2. Контроль 2- Фон $N_{90}P_{120}K_{150}$; 3. Фон + Агрофил (замачивание семян); 4. Фон + Агрофил (замачивание семян) + замачивание рассады; 5. Фон + БИС (замачивание семян); 6. Фон + БИС (замачивание семян) + фолиарная обработка.

Фактор В – гибриды капусты белокочанной: 1- F_1 Зарница, 2 - F_1 Мечта.

Замачивание семян капусты в препарате Агрофил (вар. 3, 4) проводили на 2-3 часа перед высадкой в кассеты, обработку рассады (вар. 4) вели путем намачивания корневой системы готовой к высадке рассады, непосредственно в день высадки.

Замачивание семян в МБК-БИС с титром живых клеток $1,5-1,8 \times 10^7$ КОЕ/1 мл (вар. 5, 6) проводили на 20-30 минут перед высадкой семян в кассеты. Фолиарную обработку капусты МБК-БИС (вар. 6) осуществляли путем их опрыскивания рабочими растворами с использованием ручного опрыскивателя. Норма обработки – 8-10 мл рабочего раствора препарата на 1 растение.

Методы исследований

Анализ биохимического состава капусты проводили по общепринятым методикам: содержание сухого вещества – термогравиметрически (ГОСТ 31640-2012; нитратного азота – потенциометрически (ГОСТ 34570-2019), содержание аскорбиновой кислоты определяли методом визуального титрования в 6% трихлоруксусной кислоте 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактив Тилманса), суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов – по методу Максимова и др., стандартом являлась аскорбиновая кислота (АК) [22].

Статистическую обработку результатов опытов проводили методом дисперсионного анализа с применением MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Масса и размер кочана являются определяющими показателями, формирующими товарную урожайность капусты. Масса кочана определяется как генетическими особенностями гибрида, так и условиями агротехники. Как правило, раннеспелые сорта и гибриды капусты белокочанной имеют меньшую массу кочана в сравнении со среднеспелыми и позднеспелыми, что обусловлено меньшей продолжительностью периода вегетации. Оценка этого показателя в опыте показала, что гибрид F_1 Зарница отличается более рыхлой структурой и меньшей массой по сравнению со среднепоздним гибридом F_1 Мечта. Влияние минерального удобрения (вар. 2) на обоих гибридах (F_1 Зарница и F_1 Мечта) характеризовалось увеличением массы кочанов на 11,7 и 23,5% соответственно (табл.1). После обработки семян масса кочанов возрастала еще на 15-18% от контроля по фону (вар. 3 и 5). Дополнительная обработка стимуляторами в виде замачивания рассады в Агрофиле (вар. 4) и фолиарной обработки препаратом МБК-БИС (вар. 6) увеличивала массу кочанов в сравнении с фоном $N_{90}P_{120}K_{150}$ соответственно на гибриде F_1 Зарница на 21,4 и 23,3%, на гибриде F_1 Мечта – на 21,4 и 25,4%. Замачивание рассады капусты в препарате Агрофил обеспечивало формирование большего коли-

Таблица 1. Масса одного кочана капусты, кг (2019-2021 годы)
Table 1. Weight of one head of cabbage, kg (2019-2021)

Вариант	2019 год	2020 год	2021 год	Среднее по варианту	Отклонение от контроля	
					кг	%
F ₁ Зарница						
1	1,59	1,65	1,65	1,63		
2	1,75	1,78	1,93	1,82	0,19	11,7
3	1,98	2,05	2,15	2,06	0,43	26,4
4	2,14	2,18	2,19	2,17	0,54	33,1
5	2,21	2,23	2,26	2,23	0,60	37,0
6	2,18	2,20	2,22	2,20	0,57	35,0
Среднее по гибриду	1,98	2,02	2,07	2,02		
НСР ₀₅	0,11	0,10	0,13			
F ₁ Мечта						
1	1,84	1,79	2,05	1,89		
2	2,22	2,16	2,62	2,33	0,44	23,5
3	2,85	2,25	2,85	2,65	0,76	40,2
4	3,10	2,44	3,24	2,93	1,04	54,9
5	3,02	2,37	3,37	2,92	1,03	54,5
6	3,08	2,38	3,55	3,00	1,11	58,9
Среднее по гибриду	2,69	2,23	2,95	2,62		
НСР ₀₅	0,14	0,13	0,18			

чества более длинных корешков капусты на ранних этапах развития, что в общем согласуется с данным аналогичных исследований с данным препаратом [10].

Наибольшая масса кочанов была отмечена в 2021 году по обоим гибридам, но показатели товарности зависели во многом от погодного фактора. Для среднераннего гибрида F₁ Зарница наилучшим по погодным условиям был 2020 год с максимумом осадков в июле-августе, неблагоприятным 2021 год с минимумом осадков в этот же период, то есть во время налива кочанов (табл. 2). Для среднепозднего гибрида F₁ Мечта благоприятным оказался 2020 г с осадками в августе-сентябре, неблагоприятным – 2019 г, когда период набора массы кочанов совпал с минимумом осадков. Кроме этого, для обоих гибридов обработка биостимуляторами (замачивание семян с обработкой по вариантам рассады Агрофиллом и фолиарно МБК БИС) оказала более значимый совокупный по годам положительный эффект на товарность, чем просто замачивание семян (табл.2).

Общая урожайность в среднем для гибрида капусты белокочанной среднеранней F₁ Зарница за три года наблюдений составила 42,6-62,5 т/га (табл. 3), при этом разница по вариантам обработки биостимуляторами была не значительной, но в сравнении с контрольными вариантами существенной. Замачивание семян в препарате Агрофил способствовало увеличению общей урожайности на 12 т/га от абсолютного контроля и на 6,7 от варианта удобрения по фону N₉₀P₁₂₀K₁₅₀, в препарате МБК-БИС – 16 и 10,6 т/га соответственно. Фолиарная обработка при этом немного снижала эффект после замачивания семян при использовании МБК-БИС, и, скорее всего, роль здесь сыграл

погодный фактор, а именно – недостаток осадков в августе, когда листовая подкормка оказывалась неэффективной. Наибольшая урожайность по вариантам отмечена в 2020 и 2021 годах.

Для гибрида капусты белокочанной среднепоздней F₁ Мечта показатели общей урожайности несколько отличались и составили в среднем за три года 53,0-84,1 т/га (табл. 3). Крайне низкие показатели по данному гибриду были характерны для погодных условий 2019 года, и, очевидно это также было связано с недостатком осадков в августе и сентябре (рис.2). Прибавка урожая от внесения удобрений составила за 3 года в среднем 12,2 т/га, замачивание семян в препарате Агрофил от контроля по фону удобрения увеличивало общий урожай на 8,9 т/га, в МБК-БИС – на 16,4 т/га. При дополнительной обработке Агрофилом рост урожайности гибрида F₁ Мечта составил 16,6 т/га от фона удобрения, при фолиарной обработке МБК-БИС – 18,8 т/га. Таким образом, вклад биостимуляторов в показатели урожайности испытанных гибридов капусты более выражен был на позднеспелом гибриде.

Качество и биохимический состав капусты белокочанной имеет важнейшее значение в сбалансированном питании, поскольку капуста содержит огромный комплекс полезных веществ и элементов [23, 24]. В этой связи влияние агrobiотехнологий на свойства капусты белокочанной должно учитываться при подборе стимуляторов и регуляторов роста.

В исследованиях Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН совместное использование бактериальных препаратов азотобактерина, фосфобактерина и кремнебактерина способствовало росту урожайности капусты белокочанной сорта

Таблица 2. Товарность кочанов капусты белокочанной, %
Table 2. Marketability of Brassica Oleracea, %

Варианты	2019 год	2020 год	2021 год	Среднее	отклонение от абс. контроля, %	отклонение от фона НРК, %
F₁ Зарница						
1	69,0	75,0	65,0	69,7		
2	76,0	81,0	74,0	77,0	7,3	
3	88,0	95,0	77,0	86,7	17,0	9,7
4	91,0	96,0	79,0	88,7	19,0	11,7
5	87,0	94,0	75,0	85,3	15,6	8,3
6	93,0	96,0	80,0	89,7	20,0	12,7
Среднее по гибриду	84,0	89,5	75,0	82,8	13,1	5,8
F₁ Мечта						
1	71,0	85,0	81,0	79,0		
2	75,0	89,0	85,0	83,0	4,0	
3	82,0	95,0	91,0	89,3	10,3	6,3
4	86,0	96,0	93,0	91,7	12,7	8,7
5	84,0	96,0	92,0	90,7	11,7	7,7
6	88,0	99,0	93,0	93,3	14,3	10,3

Таблица 3. Общая урожайность капусты, т/га, среднее за 2019-2021 годы
Table 3. Total cabbage yield, t/ha, average for 2019-2021

Фактор А - варианты НСР ₀₅ - 4,3	Фактор В - гибриды, НСР ₀₅ - 3,4		Среднее по двум гибридам	Отклонение от контроля	
	F ₁ Зарница	F ₁ Мечта		т/га	%
1	45,6	53,0	49,3		
2	51,0	65,3	58,2	8,9	18,0
3	57,7	74,2	66,0	16,7	33,9
4	60,8	81,9	71,4	22,1	44,8
5	62,5	81,8	72,2	22,9	46,4
6	61,6	84,1	72,8	23,5	47,7
Среднее по гибридам	56,5	73,4			
НСР ₀₅ : частных различий - 6,1, взаимодействия АВ - 4,1					

Подарок и моркови столовой сорта Рамоса на 52,4-57,8% и снижению содержания нитратов в продукции в 1,2 раза [25].

В модельных опытах в УрФУ с капустой белокочанной при использовании бактериального биоудобрения как отдельно, так и совместно с медью существенно (в среднем на 33%) повышалось накопление в листьях таких низкомолекулярных антиоксидантов, как каротиноиды, свободный пролин и растворимые фенольные соединения, включая флавоноиды, что, вероятно, способствует повышению устойчивости растений [26].

Оценка биохимического состава капусты показала (табл.4), что в целом биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, моно- и суммы

сахаров, клетчатки. Замачивание семян в МБК-БИС наиболее заметно способствовало увеличению суммы сахаров в кочанах обоих гибридов, клетчатки и моносахаров у гибрида F₁ Мечта, моно- и суммы сахаров у F₁ Зарница.

Комплексное использование стимуляторов (замачивание семян и обработка вегетативных органов) наиболее эффективно для увеличения концентрации в кочанах витамина С и клетчатки в раннеспелом гибриде, сухого вещества в позднеспелом. Наибольшие показатели по содержанию сухого вещества были характерны для варианта «Абсолютный контроль» – без удобрений).

Применение биостимуляторов не способствует увеличению в кочанах нитратов.

Таблица 4. Биохимический состав капусты белокочанной (среднее за три года)
Table 4. Biochemical composition of Brassica Oleracea (average for three years)

Вариант	Витамин С, мг%	Клетчатка	Моносахара	Сумма сахаров	Сухое вещество	Нитраты мг/100 г
		%				
F ₁ Зарница						
1	18,3	5,77	3,92	4,12	8,58	132*
2	19,4	5,54	4,13	4,17	8,48	150
3	22,2	5,60	4,25	4,50	8,39	138
4	25,8	5,95	4,16	4,42	8,22	162
5	25,6	5,88	4,79	4,69	8,46	146
6	26,4	6,21	4,39	4,56	8,10	152
НСР ₀₅	1,2	0,21	0,29	0,31	F _ф <F ₀₅	11
F ₁ Мечта						
1	18,9	7,43	4,56	5,06	9,87	132**
2	20,1	7,46	4,89	5,31	9,91	140
3	25,1	8,05	5,65	6,80	9,85	137
4	27,9	8,00	5,74	7,15	9,71	124
5	27,0	8,08	5,84	7,30	9,68	126
6	26,9	7,65	5,50	6,93	10,2	142
НСР ₀₅	1.3	0.22	0.26	0.33	F _ф <F ₀₅	12

*ПДК нитратов для ранней капусты - 900 мг/кг

**ПДК нитратов для поздней капусты - 500 мг/кг

Заключение

В условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации замачивание рассады капусты в препарате Агрофил способствует более интенсивному развитию корневой системы капусты, а замачивание семян – увеличению общей урожайности на 12 т/га от абсолютного контроля и на 6,7 от фона N90P120K150. Замачивание семян капусты в препарате МБК-БИС обеспечивает прибавку урожая на 16 т/га относительно абсолютного контроля и на 10,6 т/га – от фона N90P120K150. При обработке рассады Агрофилом прирост урожайности гибрида F₁ Мечта

составил 16,6 т/га от фона удобрений, при фолиарной обработке МБК-БИС – 18,8 т/га. Вклад биостимуляторов в показатели урожайности испытанных гибридов капусты более выражен на позднеспелом гибриде, что напрямую зависит от количества осадков. Изученные биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, моно- и суммы сахаров, клетчатки. Замачивание семян в МБК-БИС наиболее заметно способствует увеличению суммы сахаров в кочанах обоих гибридов, клетчатки и моносахаров у гибрида F₁ Мечта, моно- и суммы сахаров у F₁ Зарница.

Литература

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Издательство ВНИИА. 2005. 302 с.
2. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения. *Агрохимия*. 2016;(6):72-94. <https://elibrary.ru/whgkjp>
3. Нугманова Т.А. Использование биопрепаратов для растениеводства. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2017;(144(1)):211-214. <https://elibrary.ru/zekrcd>
4. Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лаптев Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2005. 153 с. ISBN 5-85941-231-2. <https://elibrary.ru/qkxueb>
5. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003;(255):571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
6. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 2014;383(1-2):3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
7. Bashan Y., De-Bashan L.E., Prabhu S.R., Hernandez J.-P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology-formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil*. 2014;378(1-2):1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
8. Чайковская Л.А., Овсиенко О.Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и продуктивность. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021;4(28):159-182. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182> <https://elibrary.ru/nbzfen>
9. Gray E.J., Smith D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. *Soil BiolBiochem*. 2005;(37):395–412. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
10. Пухальский Я.В., Лоскутов С.И., Воропаева Е.В., Рудько В.Н., Лактионов Ю.В. Эффективность применения биопрепаратов Агрофила и Флавобактерина при укоренении черенков представителей рода Ficus L. *Известия Оренбургского аграрного университета*. 2019;6(80):131-135. <https://elibrary.ru/ovhkdl>
11. Бондаренко А.Н., Петров Е.Н. Результаты применения ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании ряда сортов капусты белокочанной. *Аграрный научный журнал*. 2023;(5):4-9. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp4-9> <https://elibrary.ru/rgnocl>
12. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Применение современных ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной позднего срока созревания. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;2(66):81-87. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-09> <https://elibrary.ru/focykp>
13. Шибзухов З.С., Шугушхов А.А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании капусты белокочанной. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, с. Соленое Займище, 28 февраля 2017 года. Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. С. 662-664. <https://elibrary.ru/zannqh>
14. Борисов В.А., Гусаков Ф.А. Влияние активных веществ и бактериальных препаратов на формирование урожайности капусты. *Картофель и овощи*. 2005;(7):13-14. <https://elibrary.ru/yqoigt>
15. Алексеева К.Л., Берназ Н.И., Разин О.А. Эффективность совместного применения регуляторов роста «Оберег» и «Завязь» на капусте белокочанной. *Овощи России*. 2015;(2):94-98. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-94-98> <https://elibrary.ru/ucccpn>
16. Васючков И.Ю., Борисов В.А., Костенко Г.А., Успенская О.Н., Коломиец А.А. Эффективность применения удобрений при возделывании капусты белокочанной F₁ Континент. *Картофель и овощи*. 2020;(1):15-18. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.50.79.006> <https://elibrary.ru/yuucpr>
17. Михеева Г.А., Сомова Л.А. Влияние полифункционального биопрепарата на продуктивность овощных культур. *Агрохимия*. 2013;(5):66-72. <https://elibrary.ru/qixoiz>
18. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: Росинформагротех. 2016. 392 с.
19. Характеристики сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, впервые включенных в 2016 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М.: ФГБНУ "Росинформагротех". 2016. 432 с.
20. Ибрагимова С.С., Горелова В.В., Кочетов А.В., Шумный В.К. Роль различных метаболитов в формировании стрессоустойчивости растений. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина*. 2010;8(3):98. <https://elibrary.ru/mtxowt>
21. Кожемяков А.П., Тимофеева С.В., Попова Т.А. Разработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия. *Защита и карантин растений*. 2008;(2):42-43. <https://elibrary.ru/lpwouh>
22. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., 2020. 181 с. <https://elibrary.ru/vtgigm>
23. Chase E., Susan A. Cabbage Stump. *Journal of Education*. 2019;(42):158–159. <https://www.jstor.org/stable/44042205>
24. Perugachi-Diaz Yu., Tomczak J.M., Bhulai S. Deep learning for white cabbage seedling prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;(184):106059. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106059>
25. Соколова М.Г., Акимова Г.П., Хуснидинов Ш.К. Эффективность применения биопрепаратов ассоциативных бактерий на различных овощных культурах. *Агрохимия*. 2009;(7):54-59. <https://elibrary.ru/kptiph>
26. Малева М.Г., Борисова Г.Г., Трипти Кумар А., Собенин А.В.

Влияние биоудобрения на биомассу и содержание низкомолекулярных антиоксидантов у *Brassica oleracea* при биофортификации медью. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2023;(84):130-142. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-84-130-142>
<https://elibrary.ru/kzhmcbv>

• References

- Zavalin A.A. Biological products, fertilizers and crops. M.: Publishing house VNIIA. 2005. 302 p. (in Russ.)
- Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A. The physiological activity and efficiency of 72 application of biostimulants. *Agrohimia*. 2016;(6):72-94. (in Russ.) <https://elibrary.ru/whgkjp>
- Nugmanova T.A. The use of biological products for plant growing BIOINNOVO. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2017;(144(1)):211-214. (in Russ.) <https://elibrary.ru/zekrc1>
- Kruglov Yu.V., Kandybin N.V., Laptev G.Yu. Biopreparations in Agriculture: Methodology and Practice of Using Microorganisms in Plant Growing and Forage Production. Moscow: Russian Agricultural Academy, 2005. 153 p. ISBN 5-85941-231-2. <https://elibrary.ru/qkxeub> (in Russ.)
- Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003;(255):571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 2014;383(1-2):3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Bashan Y., De-Bashan L.E., Prabhu S.R., Hernandez J.-P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology-formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil*. 2014;378(1-2):1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
- Chaikovskaya L.A., Ovsienko O.L. Phosphate-mobilizing microorganisms: biodiversity, influence on plants mineral nutrition and productivity. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021;4(28):159-182. (in Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182>
<https://elibrary.ru/nbzfen>
- Gray E.J., Smith D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. *Soil BiolBiochem*. 2005;(37):395-412. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
- Pukhalsky YA.V., Loskutov S.I., Voropaeva E.V., Rudko V.N., Laktionov Yu.V. Efficiency of application the Agrofili and Flavobacterin biopreparations for the rooting of Ficus L. cuttings. *Bulletin of the Orenburg Agrarian University*. 2019;6(80):131-135. <https://elibrary.ru/ovhkdl> (in Russ.)
- Bondarenko A.N., Petrov E.N. The results of the application of growth-stimulating preparations of a new generation in the cultivation of a number of green cabbage varieties. *The agrarian scientific journal*. 2023;(5):4-9. (in Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp4-9> <https://elibrary.ru/rgnocl>
- Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. The use of modern growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage of late ripening. *Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;2(66):81-87. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-09> <https://elibrary.ru/focykp> (in Russ.)
- Shibzuekhov Z.S., Shugushkhov A.A. Efficiency of growth regulators in the cultivation of white cabbage. Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management, Solenoe Zaimishche village, February 28, 2017. Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. P. 662-664. <https://elibrary.ru/zannqh> (in Russ.)
- Borisov V.A., Gusakov F.A. Influence of active substances and bacterial preparations on the formation of cabbage yield. *Potato and vegetables*. 2005;(7):13-14. (in Russ.) <https://elibrary.ru/yqoigt>
- Alekseeva K.L., Bernaz N.I., Razin O.A. Efficiency of combined application of growth regulators «Obereg» and «Zavyazy» for white head cabbage. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(2):94-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-94-98> <https://elibrary.ru/ucccpn>
- Vasyuchkov I.Ju., Borisov V.A., Kostenko G.A., Uspenskaya O.N., Kolomiets A.A. Efficiency of application of fertilizers in the cultivation of cabbage F₁ Kontinent. *Potato and vegetables*. 2020;(1):15-18. (in Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.50.79.006>
<https://elibrary.ru/yuucpr>
- Mikheeva G.A., Somova L.A. Effect of polyfunctional biopreparation on the productivity of vegetable crops. *Agrohimia*. 2013;(5):66-72. <https://elibrary.ru/qixoiz>
- Borisov V.A. The system of fertilizers of vegetable cultures. Moscow: Rosinformagrotech. 2016. 392 p. (in Russ.)
- Characteristics of varieties and hybrids agricultural crops, first included in 2016 in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech". 2016. 432 p. (in Russ.)
- Ibragimova S.S., Gorelova V.V., Kochetov A.V., Shumny V.K. Role of plant metabolites in mechanisms of stress tolerance. *Vestnik NSU. Series: biology and clinical medicine*. 2010;8(3):98. (in Russ.) <https://elibrary.ru/mtxowt>
- Kozhemyakov A.P., Timofeeva S.V., Popova T.A. Development and prospects of using complex biopreparations actions. *Plant protection and quarantine*. 2008;(2):42-43. (in Russ.) <https://elibrary.ru/lpwouh>
- Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods for their determination. M., 2020. 181 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/vtgigm>
- Chase E., Susan A. Cabbage Stump. *Journal of Education*. 2019;(42):158-159. <https://www.jstor.org/stable/44042205>
- Perugachi-Diaz Yu., Tomczak J.M., Bhulai S. Deep learning for white cabbage seedling prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;(184):106059. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106059>
- Sokolova M.G., Akimova G.P., Khusnidinov Sh.K. Efficiency of using biopreparations of associative bacteria on various vegetable crops. *Agrohimia*. 2009;(7):54-59. (in Russ.) <https://elibrary.ru/kptiph>
- Maleva M.G., Borisova G.G., Tripti, Kumar A., Sobenin A.V. Effect of the biofertilizer on biomass and content of low molecular weight antioxidants in *Brassica oleracea* within copper biofortification. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2023;(84):130-142. (in Russ.) <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-84-130-142>
<https://elibrary.ru/kzhmcbv>

Об авторах:

Анна Эдуардовна Маркарова – младший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0001-5131-8180>, SPIN-код: 9158-3957

Мария Юрьевна Маркарова – кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-7951-2222>,
SPIN-код: 9808-8712, myriam@mail.ru

Сергей Михайлович Надежкин – доктор биологических наук,
зав. отделом,
<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,
SPIN-код: 1564-1159, автор для переписки, nadegs@yandex.ru

About the Authors:

Anna E. Markarova – Junior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0001-5131-8180>,
SPIN-code: 9158-3957

Maria Yu. Markarova – Cand. Sci. (Biology),
Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-7951-2222>,
SPIN-code: 9808-8712, myriam@mail.ru

Sergey M. Nadezhkin – Dr. Sci. (Biology),
Head Department,
<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,
SPIN-code: 1564-1159, Corresponding Author, nadegs@yandex.ru

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-106-110>
УДК: 634.75:631.524.85

А.Ю. Ступина*, П.С. Прудников

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур
302530, Россия, Орловская область,
Орловский район, п/о Жилина, ВНИИСПК

*Автор для переписки: stupina@orel.vniispk.ru

Вклад авторов: А.Ю. Ступина: концептуализация, проведение исследования, формальный анализ, создание рукописи и её редактирование. П.С. Прудников: концептуализация, руководство исследованием, проведение исследования, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ступина А.Ю., Прудников П.С. Воздействие препарата «Эпин-экстра» на повышение устойчивости сортов *Fragaria × ananassa* Duch. к весенним заморозкам. *Овощи России*. 2024;(6):106-110.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-106-110>

Поступила в редакцию: 09.07.2024

Принята к печати: 01.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Anna Yu. Stupina*, Pavel S. Prudnikov

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding
p/o Zilina, VNIISPК, Oryol district, Orel region,
302530, Russia

*Correspondence Author: stupina@orel.vniispk.ru

Authors' Contribution: A.Yu. Stupina: conceptualization, conducting the study, formal analysis, drafting and editing the manuscript. P.S. Prudnikov: conceptualization, research supervision, conducting the study, writing, reviewing and editing the manuscript.

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

For citation: Stupina A.Yu., Prudnikov P.S. The effect of the drug "Epin-extra" on increasing the resistance of *Fragaria × ananassa* Duch. varieties to spring frosts. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):106-110. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-106-110>

Received: 09.07.2024

Accepted for publication: 01.10.2024

Published: 29.11.2024

Воздействие препарата «Эпин-экстра» на повышение устойчивости сортов *Fragaria × ananassa* Duch. к весенним заморозкам

Check for updates



АННОТАЦИЯ

Актуальность. Важное условие сохранения жизненного потенциала растений — это способность противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды.

Цель работы — исследовать действие препарата «Эпин-экстра» на формирование устойчивости растений *Fragaria × ananassa* Duch. к весенним заморозкам.

Методы. Объекты: сорта земляники садовой Царица и Урожайная ЦГЛ. С началом активного роста в весенний период выполняли некорневую обработку растений земляники садовой регулятором роста «Эпин-экстра», содержащий 24-эпибрассинолид. В период бутонизации растения подвергали воздействию отрицательной температурой в камере искусственного климата (-3°C) «Еспес» PSL-2KPH (Япония). Работу антиоксидантной системы защиты и активность развития процессов перекисного окисления липидов мембран (ПОЛ) на основе накопления малонового диальдегида (МДА) проводили в листьях сортов земляники садовой.

Результаты. Показано, что некорневая обработка сортов земляники садовой препаратом «Эпин-экстра» способствовала снижению процессов перекисного окисления клеточных мембран в тканях ассимиляционного аппарата. У сорта Царица содержание МДА было ниже на 10,2%, у сорта Урожайная ЦГЛ на 30,1% относительно контроля. Уровень аминокислоты пролин у сорта Царица был выше контроля на 13,6 %, у сорта Урожайная ЦГЛ на 12,4%. Препарат «Эпин-экстра» способствовал увеличению количества сахаров в ассимиляционном аппарате у обоих сортов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Fragaria × ananassa Duch., малоновый диальдегид, свободный пролин, сумма сахаров

The effect of the drug "Epin-extra" on increasing the resistance of *Fragaria × ananassa* Duch. varieties to spring frosts

ABSTRACT

Relevance. A crucial condition for maintaining the vital potential of plants is their ability to withstand adverse environmental conditions. The aim of the work was to study the effect of the drug "Epin-extra" on strengthening the resistance of *Fragaria × ananassa* Duch. plants for spring frosts.

Methods. The objects: strawberry garden Queen and Harvest CGL. With the onset of active growth in the spring period non-root treatments of strawberry plants with were carried out with a solution of the Epin-extra growth regulator containing 24-epibrassinolide. During budding phase, the plants were exposed to negative temperatures in a controlled environment chamber (-3°C) "Espec" PSL-2KPH (Japan). The functioning of the antioxidant defense system and the activity of lipid peroxidation processes in membranes lipids (POL) based on the accumulation of malondialdehyde (MDA) were carried out in the leaves of strawberry varieties.

Results. It was shown that the non-root treatment of strawberry varieties with the Epin-extra preparation contributed to a decrease in the processes of peroxidation of cell membranes. The content of malondialdehyde (MDA) was 10,2% lower by the Tsaritsa variety, and the variety the Urozhainaya CGL by 30,1% compared to the control. The amount of the amino acid proline in the Tsaritsa variety was 13,6 % higher compared to the control, and in the Urozhainaya CGL variety by 12,4%. Treatment with Epin-extra contributed to an increase in the amount of sugars in the leaf tissue of both varieties.

KEYWORDS:

Fragaria × ananassa Duch., malondialdehyde (MDA), free proline, sum of sugars

Введение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) самая популярная в мире ягодная культура. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), только в 2020 году 10 ведущих мировых производителей собрали 80,4 % от общего объема урожая [1].

На урожайность и качество ягод земляники оказывают сильное влияние весенние заморозки в период цветения [2].

Первым симптомом начинающегося физиологического страдания растения под влиянием неблагоприятных условий окружающей среды является развитие окислительного стресса [3]. В связи с этим отмечается усиление перекисного окисления липидов (ПОЛ) на фоне повышенного образования активных форм кислорода (АФК), что в свою очередь оказывает влияние на мембранные структуры клетки [4]. Содержание АФК в нормально функционирующих клетках как правило низкое. При действии стрессовых факторов их уровень может резко возрасти, вызывать ПОЛ мембран [5]. Конечный продукт ПОЛ – малоновый диальдегид (МДА) [6]. Функционирование антиоксидантной системы защиты имеет приоритетное значение для предотвращения перекисного окисления мембранных липидов и формирования устойчивости к неблагоприятным факторам среды [7, 8].

В связи с этим интенсивность развития ПОЛ и эффективность работы антиоксидантной системы можно считать признаками физиолого-биохимической устойчивости растений к стрессовым факторам [9].

В настоящее время существует целый ряд регуляторов роста, способствующих интенсификации защитных механизмов, снижающих развитие ПОЛ в растительных клетках в условиях действия стрессовых факторов. Одними из таких физиологически активных регуляторов роста гормональной природы, повышающих толерантность к абиотическим стрессам являются брассиностероиды [10, 11, 12]. В исследованиях, проведенных на земляники садовой показано, что использование брассиностероидов способствовало развитию устойчивости растений к холодовому стрессу. Так экзогенное использование брассиностероидов снижало уровень АФК, интенсифицировало работу антиоксидантной системы защиты и стабилизировало фотосинтез в условиях холодного (низких положительных температур) стресса [13]. Использование низких концентраций растворов брассинолидов (1 мкМоль/л) увеличивало рост, улучшало качество и урожайность ягод земляники [14].

Вместе с тем, в результате изменения климата остается не выясненной эффективность действия брассиностероидов в повышении толерантности отечественных сортов земляники садовой в период бутонизации – цветения к весенним заморозкам на фоне отрицательных температур.

В связи с этим цель работы заключалась в изучении особенности действия препарата «Эпин-экстра» на физиолого-биохимические процессы устойчивости *Fragaria × ananassa* Duch. на фоне понижения в весенний период температуры.

Материалы и методика исследования

Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК.

Почва опытного насаждения ФГБНУ ВНИИСПК темно-серая лесная, почвообразующая порода – лессовидный суглинок среднего механического состава, мощность гумусового горизонта – 30-55 см, pH 6,8. Климат умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет 4–5°C. Общая продолжительность периода с положительной среднесуточной температурой воздуха в течение года равна 215-225 дням. Период со средними суточными температурами воздуха выше 5°C начинается в середине апреля и заканчивается в середине октября, продолжительность его в году 175-185 дней. Период с более высокими средними суточными температурами воздуха (выше +10°C) начинается в начале мая и заканчивается 20-25 сентября, продолжительность его 135-145 дней.

Объекты исследования: сорта растений *Fragaria × ananassa* Duch. Урожайная ЦГЛ, Царица. Опыт в открытом грунте был заложен в 2019 году. Схема посадки 20x70 см, однострочная. Повторность опыта 3-х кратная, в каждой повторности 15 растений. Технология выращивания общепринятая. Для мульчирования грунта использовали черный полипропиленовый материал Агротекс плотностью 60 г/м².

Некорневая обработка растений выполнялась препаратом «Эпин-экстра» весной с началом активного роста. Действующее вещество 24-эпибрассинолид, концентрация рабочего раствора 0,01 мкМоль. Трехкратное количество обработок каждые 7 дней. Контроль – растения, обработанные водой. По завершении обработок, в период бутонизации – начало цветения, растения выкапывали, переносили в сосуды с почвой и подвергали воздействию отрицательной температурой (-3°C) в течение 3 часов в камере искусственного климата «Espec» PSL-2KPH (Япония) [15]. Анализы проводили через 30 минут после окончания действия стресса. В статье представлены усредненные данные за 3 года исследований (2020-2023 годы).

В ассимиляционном аппарате об активности развития перекисного окисления липидов (ПОЛ) судили по количеству малонового диальдегида [16, 17]. Цветную реакцию с нингидриновым реактивом применяли для определения количества свободного пролина [18]. Содержание сахаров в листовом аппарате определяли с помощью резорцинового реактива [19]. В программе MS Excel на основе дисперсионного анализа по Доспехову оценивали достоверность результатов [20].

Результаты исследования

Определение интенсивности развития перекисного окисления липидов мембранных структур клетки обнаружило, что в период бутонизации – цветения интенсивность накопления МДА в растениях в варианте с препаратом «Эпин-экстра» была ниже контрольных вариантов при моделировании действия отрицательной температуры (-3°C). У сорта Царица содержание МДА было ниже на 10,2%, у сорта Урожайная ЦГЛ на 30,1% относительно контроля (рис. 1).

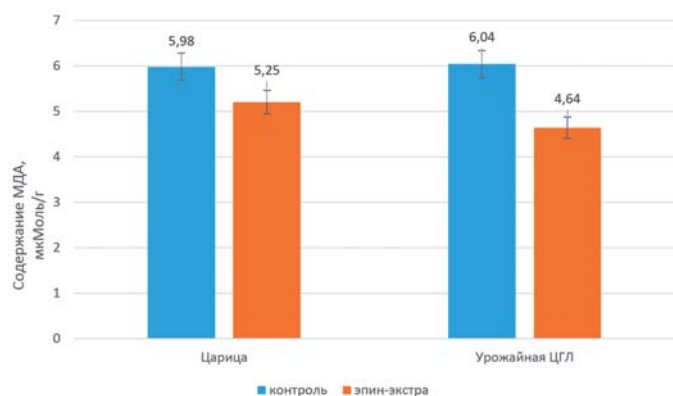


Рис. 1. Действие препарата «Эпин-экстра» на содержание МДА в ассимиляционном аппарате земляники садовой в условиях гипотермии
Fig. 1. The effect of the drug "Epin-extra" on the content of MDA in the assimilation apparatus of *Fragaria × ananassa* Duch. in hypothermia

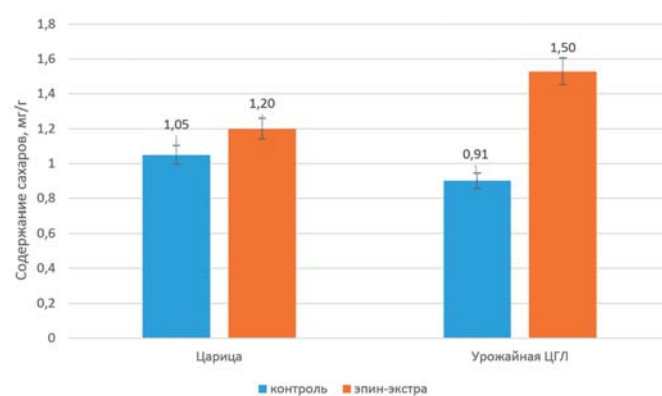


Рис. 2. Действие препарата «Эпин-экстра» на уровень суммы сахаров в ассимиляционном аппарате земляники садовой в условиях гипотермии
Fig. 2. The effect of the drug "Epin-extra" on the level of sugars in the assimilation apparatus of *Fragaria × ananassa* Duch. in hypothermia

В условиях гипотермии повышенный фон МДА в контрольном варианте свидетельствует о наибольшем нарушении структурно-функциональной целостности клеточных мембран против опытных вариантов. Полученные данные о положительном эффекте брассиностероидов согласуются с результатами других исследователей, не смотря на разные температурные воздействия, концентрацию растворов, длительность экспозиции и фенологические фазы развития растений земляники. Так проведенные исследования по влиянию брассинолидов на холодоустойчивость земляники показали, что данные фитогормоны способствовали снижению интенсивности ПОЛ за счет увеличения в листьях фенольных кислот. Содержание МДА по сравнению с контролем снизилось на 32 % [21]. Однако авторы данного исследования подвергали растения земляники, обработанные брассинолидами, низкими положительными температурами (+7 °C) в течение 24 часов, в фазу закладки новых почек и смены листового аппарата после плодоношения. На растениях томата показано, что некорневая обработка за сутки до охлаждения в течение 15 мин в климатической камере (+4 °C) брассинолидами способствовала снижению интенсивности ПОЛ [22]. Однако ответ растений на обогащение брассиностероидами носил сортоспецифичный характер.

В наших исследованиях наблюдаемое уменьшение развития интенсивности ПОЛ в обработанных растениях может быть связано с увеличением содержания в листовом аппарате количества суммы сахаров. Показано, что обработка препаратом «Эпин-экстра» в условиях гипотермии способствовала увеличению количества суммы сахаров в листовой ткани у обоих сортов. Выявлено, что уровень данных углеводов у сорта Царица на 14,2%, у сорта Урожайная ЦГЛ на 70,1% выше контроля. У сорта Урожайная ЦГЛ под влиянием «Эпин-экстра» произошло существенное увеличение уровня суммы сахаров, на фоне лучшей сохранности целостности клеточных мембран, что может свидетельствовать о повышении устойчивости сорта к гипотермии (рис. 2). В исследованиях, проведенных на картофеле при его холодовой адаптации показано, накопление низкомолекулярных углеводов в тканях листа [23]. Известно, что сахара защищают липидно-белковый компонент клеток, особенно мембран. Так показано, что сахароза при гипотермии уча-

ствует в сохранении структурной целостности плазматической мембраны в клетках листьев пшеницы [24]. По-видимому, антиоксидантная защита клеток сахарозой заключается в ее роли выступать в качестве перехватчиков АФК и подавлять окислительные процессы [25,26,27].

Согласно литературным данным свободный пролин накапливается под действием стрессовых факторов, для нейтрализации (прямого «тушения») активных форм кислорода [28]. Однако в исследованиях, проведенных на проростках рапса показано, что в условиях хлоридного засоления брассиностероиды способствовали снижению в тканях свободного пролина в 7-10 раз, по-видимому, за счет увеличения синтеза высокомолекулярных антиоксидантных ферментов [29]. Напротив, на яровой пшенице в условиях дефицита влаги брассинолиды способствовали увеличению количества пролина в тканях растений на 20 % [30]. В наших исследованиях показана особенность действия препарата «Эпин – Экстра» на повышение количества свободного пролина, выполняющего роль как совместимого осмолита, так и низкомолекулярного антиоксиданта. Свободно радикальные процессы на фоне действия гипотермии вызывали увеличение содержания свободного пролина в листовой ткани. Уровень аминокислоты в обработанных препаратом

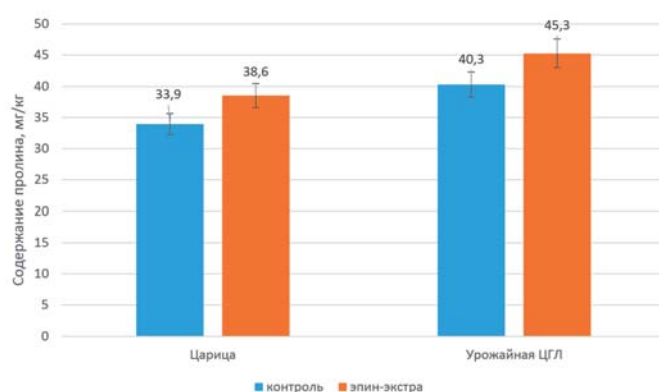


Рис. 3. Действие препарата «Эпин-экстра» на количество свободного пролина в ассимиляционном аппарате земляники садовой в условиях гипотермии
Fig. 3. The effect of the drug "Epin-extra" on the amount of free proline in the assimilation apparatus of *Fragaria × ananassa* Duch. in hypothermia

«Эпин-экстра» растениях сорта Урожайная ЦГЛ было выше на 12,4% против контроля и на 13,6% у сорта Царица соответственно (рис. 3).

Таким образом, проведенные некорневые обработки препаратом, содержащим брассиностероиды позволили увеличить содержание в листовой ткани как сахаров, так и свободного пролина, что позволило повысить сопротивляемость сортов земляники к действию гипотермии.

• Литература

- 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/jcprm.2020015511> <https://www.elibrary.ru/iwnokh>
- Жученко А.А. Эколого-генетические основы продовольственной безопасности России. М.: Фонд «Знание». 2008. 104 с.
- Прудников П.С., Кривушина Д.А., Гуляева А.А. Реакция антиоксидантной системы и интенсивность перекисного окисления липидов *Prunus Cerasus* L. в ответ на действие гипертермии. Вестник аграрной науки. 2018;1(70):30-35. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2018.1.30> <https://www.elibrary.ru/yqmyko>
- Колупаев Ю.Е., Кокорев А.И. Антиоксидантная система и устойчивость растений к недостатку влаги. Физиология растений и генетика. 2019;51(1):28-54. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.028>
- Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений. Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. 2016;2(22):9-23. <https://www.elibrary.ru/vzsfbt>
- Ху Ц.Ц., Ши Г.С., Су Ц.С. и др. Воздействие Рb2+ на активность антиоксидантных ферментов и ультраструктуру клеток листьев *Potamogeton crispus*. Физиология растений. 2007;54(3):469-474. <https://www.elibrary.ru/iacfhf>
- Холявка М.Г., Карпова С.С., Калаев В.Н., Лепешкина Л.А., Агапов Б.Л., Артюхов В. Г. Оценка оксидативного статуса растений, произрастающих в различных условиях. Фундаментальные исследования. 2014;8(4):891–897. <https://www.elibrary.ru/sjmnkh>
- Прудников П.С., Гуляева А.А. Особенности действия гипертермии на гормональную систему и антиоксидантный статус *Prunus Armeniaca* L. Селекция и сорторазведение садовых культур Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию ВНИИСПК. 2015. С. 151-154. <https://www.elibrary.ru/uqeban>
- Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Проллин: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2014;2(32):6-22.
- Karlıdag H., Yildirim E., Turan M. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria × ananassa*). Scientia Horticulturae. 2011;130(1):133-140. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.025>
- Anwar A., Liu Y., Dong R., Bai L., Yu X., Li Y. The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: a review. Biological Research. 2018;51(1):46. <https://doi.org/10.1186/s40659-018-0195-2>
- Furio R.N., Salazar S.M., Mariotti-Martínez J.A., Martínez-Zamora G.M., Coll Y., Díaz-Ricci J.C. Brassinosteroid Applications Enhance the Tolerance to Abiotic Stresses, Production and Quality of Strawberry Fruits. Horticulturae. 2022;8(7):572. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070572>
- Rehman A., Shahzad B. Brassinosteroids and cold stress tolerance in plants. Brassinosteroids in Plant Developmental Biology and Stress Tolerance. 2022. P. 189-199. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813227-2.00011-4>
- Sheshglani P.Z., Asghari M. Impact of foliar spray with 24-epibrassinolide on yield, quality, ripening physiology and productivity of the strawberry. Scientia Horticulturae. 2020;268(1):109376. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109376>
- Ожерельева З.Е., Зубкова М.И. Ускоренная оценка устойчивости генеративных органов земляники садовой к весенним заморозкам. Орел: ВНИИСПК. 2019. 20 с. ISBN: 978-5-900705-92-7. <https://www.elibrary.ru/sekcoc>
- Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. Современные методы в биохимии. Медицина. – Москва. 1977. С. 66-68.
- Прудников П.С., Ожерельева З.Е. Физиолого-биохимические методы диагностики устойчивости плодовых культур к засухе и гипертермии (методические рекомендации). Орел: ВНИИСПК. 2019. 46 с. ISBN: 978-5-900705-95-8. <https://www.elibrary.ru/bmshhw>
- Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil. 1973;39(1):205-207.
- Туркина М.В., Соколова С.В. Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани. Физиология растений. 1972;19(5):912-919.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Агропромиздат. Москва. 1985. 351 с.
- Balci G., Aras S., Keles H. Exogenous EBL (24-Epibrassinolide) Alleviate Cold Damage in Strawberry. Erwerbs-Obstbau. 2021;63(6):1-6. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00566-6>
- Дерябин А.Н., Суворова Т.А., Сычева С.В., Деревщюков С.Н. Влияние 24-эпибрасинолида на рост, содержание фотосинтетических пигментов, холодоустойчивость и антиоксидантную активность растений томата. Агрохимия. 2021;(2):55-64. <https://doi.org/10.31857/S0002188121020058> <https://www.elibrary.ru/fciqum>
- Синькевич М.С., Сабельникова Е.П., Дерябин А.Н., Астахова Н.В., Дубинина И.М., Бураханова Е.А., Трунова Т.И. Изменения активности инвертазы и содержания сахаров в процессе адаптации растений картофеля к переохлаждению. Российский журнал физиология растений. 2008;55(4):449-454. <https://doi.org/10.1134/S1021443708040031> <https://www.elibrary.ru/jhkpmv>
- Savitch L.V., Harney T., Huner N.P.A. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation. Physiologia Plantarum. 2000;108(3):270-278. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2000.108003270.x>
- Aver'yanov A.A., Lapikova V.P. Interaction between Sugars and Hydroxyl Radical as Related to Fungal Toxicity of Leaf Excretions. Biokhimiya. 1989;(54):1646-1651.
- Czapski G. On the Use of OH Scavengers in Biological Systems. Israel Journal of Chemistry. 1984;(24):29-32. <https://doi.org/10.1002/ijch.198400005>
- Morelli R., Russo-Volpe S., Bruno N., Lo Scalzo R. Fenton-dependent damage to carbohydrates: free radical scavenging activity of some simple sugars. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004;51(25):7418-25. <https://doi.org/10.1021/jf030172q>
- Alia S., Saradhi P., Mohanty P. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radical-induced photodamage. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 1997;(38):253–257. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(96\)07470-2](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(96)07470-2)
- Ефимова М.В., Мануйлова А.В., Малофий М.К., Карташов А.В., Кузнецов В.В. Влияние брассиностероидов на формирование защитных реакций проростков рапса в условиях засоления. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013;1(21):118-128. <https://www.elibrary.ru/snfvvl>
- Лубянова А.Р., Масленникова Д.Р., Шакирова Ф.М. Защитное действие 24-эпибрасинолида на растения пшеницы в условиях нарушения водного режима. Биомика. 2021;13(1):47-53. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2021-5> <https://www.elibrary.ru/eefkpa>

• References

1. Akimov M.Yu., Luk'yanchuk I.V., Zhbanova E.V., Lyzhin A.S. Strawberry fruit (*Fragaria × ananassa* Duch.) as a valuable source of nutritional and bio-logically active substances (review). *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 2020;(1):5–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015511> <https://www.elibrary.ru/iwnokh>
2. Zhuchenko A.A. Ecological and genetic foundations of food security in Russia. Moscow.: 2008. 104 p. (In Russ.)
3. Prudnikov P.S., Krivushina D.A., Gulyaeva A.A. Reaction of antioxidant system and intensity of oversour lipids oxidation of *Prunus cerásus* L. in response to the hyperthermia effect. *Bulletin of agrarian science*. 2018;1(70):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2018.1.30> <https://www.elibrary.ru/yqmyko>
4. Kolupaev Yu.E., Kokorev A.I. Antioxidant system and plant resistance to moisture deficiency. *Plant physiology and genetics*. (In Russ.) 2019;51(1):28-54. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.028>
5. Zagorskina N.V., Nazarenko L.V. Active oxygen species and antioxidant system of plants. *MCU journal of natural sciences*. 2016;2(22):9-23. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vzsfbt>
6. Hu Z.Z., Shi G.S., Su Z.S. Effect of Pb²⁺ on antioxidant enzyme activity and leaf cell ultrastructure of *Potamogeton crispus*. *Fiziologiya rastenij*. 2007;54(3):469-474. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/iacfhf>
7. Holyavka M.G., Karpova S.S., Kalaev V.N., Lepeshkina L.A., Agapov B.L., Artyukhov V.G. Assessment of the oxidative status of the plants growing in various conditions. *Fundamental research*. 2014;8(4):891–897. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/sjmnkh>
8. Prudnikov P.S., Gulyaeva A.A. Features of the effect of hyperthermia on the hormonal system and antioxidant status of *Prunus Armeniaca* L. In the collection: Selection and variety breeding of garden crops Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 170th anniversary of VNIISPK. 2015. P. 151-154. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/uqeban>
9. Kolupaev Yu.E., Weiner A.A., Yastreb T.O. Prolin: physiological functions and regulation of content in plants under stressful conditions. *Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University. Series biologia*, 2014;2(32):6-22. (In Russ.)
10. Karlidag H., Yildirim E., Turan M. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Scientia Horticulturae*. 2011;130(1):133-140. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.025>
11. Anwar A., Liu Y., Dong R., Bai L., Yu X., Li Y. The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: a review. *Biological Research*. 2018;51(1):46. <https://doi.org/10.1186/s40659-018-0195-2>
12. Furio R.N., Salazar S.M., Mariotti-Martínez J.A., Martínez-Zamora G.M., Coll Y., Díaz-Ricci J.C. Brassinosteroid Applications Enhance the Tolerance to Abiotic Stresses, Production and Quality of Strawberry Fruits. *Horticulturae*. 2022;8(7):572. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070572>
13. Rehman A., Shahzad B. Brassinosteroids and cold stress tolerance in plants. *Brassinosteroids in Plant Developmental Biology and Stress Tolerance*. 2022. P. 189-199. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813227-2.00011-4>
14. Sheshglani P.Z., Asghari M. Impact of foliar spray with 24-epibrassinolide on yield, quality, ripening physiology and productivity of the strawberry. *Scientia Horticulturae*. 2020;268(1):109376. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109376>
15. Ozherelieva Z.E., Zubkova M.I. Accelerated assessment of the resistance of generative organs of strawberry to spring frosts. Orel: VNIISPK. 2019. 20 p. ISBN: 978-5-900705-92-7. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/sekcoc>
16. Stalnaya I.D., Garishvili T.G. Method for the determination of malonic dialdehyde using thiobarbituric acid. *Modern methods in biochemistry. Medicine*. Moscow. 1977. P. 66-68. (In Russ.)
17. Prudnikov P.S., Kolereva Z.E. Physiological and biochemical methods for diagnosing the resistance of fruit crops to drought and hyperthermia (methodological recommendations). Eagle: VNIISPK. 2019. 46 p. ISBN: 978-5-900705-95-8. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/bmshhw>
18. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*. 1973;39(1):205-207.
19. Turkina M.V., Sokolova S.V. Studying the membrane transport of sucrose in plant tissue. *Fiziologiya rastenij*. 1972;19(5):912-919. (In Russ.)
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Agropromizdat. Moscow. 1985. 351 p. (In Russ.)
21. Balci G., Aras S., Keles H. Exogenous EBL (24-Epibrassinolide) Alleviate Cold Damage in Strawberry. *Erwerbs-Obstbau*. 2021;63(6):1-6. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00566-6>
22. Deryabin A.N., Suvorova T.A., Sycheva S.V., Derevshchukov S.N. Influence of 24-epibrassinolide on growth, content of photosynthetic pigments, cold resistance and antioxidant activity of tomato plants. *Agrohimia*. 2021;(2):55-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188121020058> <https://www.elibrary.ru/fciqum>
23. Sin'kevich M.S., Sabel'nikova E.P., Deryabin A.N., Astakhova N.V., Dubinina I.M., Burakhanova E.A., Trunova T.I. The changes in invertase activity and the content of sugars in the course of adaptation of potato plants to hypothermia. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2008;55(4):449-454. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S1021443708040031> <https://www.elibrary.ru/llyzxx>
24. Savitch L.V., Harney T., Huner N.P.A. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation. *Physiologia Plantarum*. 2000;108(3):270-278. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2000.108003270.x>
25. Aver'yanov A.A., Lapikova V.P. Interaction between Sugars and Hydroxyl Radical as Related to Fungal Toxicity of Leaf Excretions. *Biokhimiya*. 1989;(54):1646-1651.
26. Czapski G. On the Use of OH Scavengers in Biological Systems. *Israel Journal of Chemistry*. 1984;(24):29–32. <https://doi.org/10.1002/ijch.198400005>
27. Morelli R., Russo-Volpe S., Bruno N., Lo Scalzo R. Fenton-dependent damage to carbohydrates: free radical scavenging activity of some simple sugars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;51(25):7418-25. <https://doi.org/10.1021/jf030172q>
28. Alia S., Saradhi P., Mohanty P. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radical-induced photodamage. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 1997;(38):253–257. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(96\)07470-2](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(96)07470-2)
29. Efimova M.V., Manuylova A.V., Malofiy M.K., Kartashov A.V., Kuznetsov V.V. Influence of brassinosteroids on forming protective reactions in rape seedlings under salinity. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2013;1(21):118-128. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/snfvvf>
30. Lubynova A.R., Maslennikova D.R., Shakirova F.M. Protective effect of 24-epibrassinolide on wheat plants under water deficit. *Biomics*. 2021;13(1):47-53. (In Russ.) <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2021-5> <https://www.elibrary.ru/eeefka>

Об авторах:

Анна Юрьевна Ступина – младший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-1019-3518>,
 Researcher ID: P-2709-2018,
 SPIN-код: 1931-5360, автор для переписки, stupina@orel.vniispk.ru
Павел Сергеевич Прудников – кандидат биологических наук,
 старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0001-9097-8042>, SPIN-код: 6790-9999

About the Authors:

Anna Yu. Stupina – Junior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-1019-3518>,
 Researcher ID: P-2709-2018,
 SPIN-code: 1931-5360, Corresponding Author, stupina@orel.vniispk.ru
Pavel S. Prudnikov – Cand. Sci. (Biology),
 Senior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0001-9097-8042>, SPIN-code: 6790-9999

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>
УДК: 632.4(089)

Н.С. Жемчужина ^{1*}, М.И. Киселева ¹,
С.А. Елизарова ¹, Н.В. Меркурьев ²

¹ ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ) 143050, Россия, Большие Вяземы, Одинцовского р-на Московской области,

² Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

*Автор для переписки: zhemch@mail.ru

Вклад авторов: Жемчужина Н.С.: научное руководство исследованием, концептуализация, методология, проведение исследования, верификация данных, ресурсы, создание рукописи. Киселева М.И.: создание и редактирование рукописи, проведение анализа полученных данных, оформление результатов. Елизарова С.А.: проведение исследования, ресурсы, формальный анализ результатов. Меркурьев Н.В.: формальный анализ и статистическая обработка результатов.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам III-ей Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым – научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны».

Для цитирования: Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А., Меркурьев Н.В. Влияние долгосрочного хранения на жизнеспособность и свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. *Овощи России*. 2024;(6):111-116.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>

Поступила в редакцию: 17.08.2024

Принята к печати: 11.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Natalya S. Zhemchuzhina ^{1*}, Marina I. Kiseleva ¹,
Svetlana A. Elizarova ¹, Nikolai V. Merkuryev ²

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP) Bolshie Vyazhemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russia

²Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy 49, Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russia

*Corresponding Author: zhemch@mail.ru

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

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the III International scientific-practical conference "Near N.I. Vavilov – scientific schools of Russia on ensuring food and ecological security".

Authors' Contribution: Zhemchuzhina N.S.: scientific leadership of the study, conceptualization, methodology, conducting the study, data verification, resources, manuscript creation. Kiseleva M.I.: creation and editing of the manuscript, analysis of the data, design of the results. Elizarova S.A.: research, resources, formal analysis of the results. Merkuryev N.V.: formal analysis and statistical processing of results.

For citation: Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Merkuryev N.V. The effect of long-term storage on the viability and properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains of the Phytopathogenic Microorganisms State Collection of ARRIP. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):111-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>

Received: 17.08.2024

Accepted for publication: 11.11.2024

Published: 29.11.2024

Влияние долгосрочного хранения на жизнеспособность и свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях длительного хранения грибов на агаровой питательной среде происходит постепенная утрата их патогенных свойств. Сохранение коллекционного материала с неизменными патогенными свойствами необходимо для корректного проведения исследований, включающих разработку методов биологической защиты, мониторинг динамики развития патогенов, оценку их вирулентности и агрессивности, отбора селекционного материала.

Материал и методы. Изучена способность хранящихся в Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ штаммов *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker и *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. к возобновлению полноценных видовых характеристик на агаровой питательной среде после длительного хранения биоматериала в виде лиофилизата в условиях низких положительных +4°C и ультранизких температур -80°C. О выживаемости грибов судили по их способности образовывать спорообразующие колонии на питательной среде, о патогенности и фитотоксичности – по реакции проростков тест-культур на воздействие спорных суспензий и фильтратов культуральной жидкости.

Результаты. Длительное хранение штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* в лиофильно высушенном состоянии, как в условиях низких и ультранизких температур не оказывало негативного влияния на их жизнеспособность. На 14 сутки культивирования на питательной среде штаммы грибов формировали спорующие колонии, сравнимые с контрольными вариантами. Сравнение признаков патогенности у штаммов грибов до проведения эксперимента и после хранения не выявило между вариантами существенных различий. При изучении влияния фильтратов культуральной жидкости штаммов грибов на развитие тест-культуры было установлено дифференцирующее влияние режима хранения при +4°C, в то время как в условиях ультранизких температур результаты в вариантах практически не различались.

Заключение. Результаты исследования показали, что метод лиофилизации биоматериала, в том числе несовершенных видов грибов, для длительного хранения при низких положительных и ультранизких температурах является актуальным и востребованным во многих научно-производственных учреждениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

штаммы грибов, длительное хранение, ультранизкая температура, лиофилизат, патогенность, фитотоксичность

The effect of long-term storage on the viability and properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains of the Phytopathogenic Microorganisms State Collection of ARRIP

ABSTRACT

Relevance. Under conditions of prolonged storage of fungi on a nutrient agar medium, their pathogenic properties are gradually lost. Preservation of collection material with unchanged pathogenic properties is necessary for correct research, including the development of biological protection methods, monitoring of pathogen development dynamics, assessment of their virulence and aggressiveness, choice of selection material.

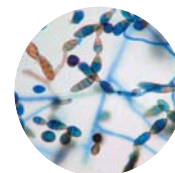
Materials and Methods. The ability to the resumption of full-fledged species characteristics on the culture nutrient agar medium after long-term storage of the biomaterial in the form of a lyophilizate under conditions of low positive +4°C and ultra-low temperatures of -80°C of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker and *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. strains stored in the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP) was studied. The viability of fungi was judged by their ability to form spore-forming colonies on a nutrient medium, pathogenicity and phytotoxicity by the reaction of test culture seedlings to the effects of spore suspensions and culture fluid filtrates.

Results. Long-term storage of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains in a freeze-dried state, both at low and ultra-low temperatures, did not adversely affect their viability. On the 14th day of culture on a nutrient medium, fungal strains formed sporulating colonies comparable to the control variants. Comparison of pathogenicity signs in fungal strains before the experiment and after storage did not reveal significant differences between the variants. When studying the effect of the culture liquid filtrates of fungal strains on the development of the test culture, a differentiating effect of the storage regime at +4°C was established, while under ultra-low temperatures the results in the variants practically did not differ.

Conclusion. The results of the study were showed that the lyophilization of biomaterial, including imperfect species of fungi for long-term storage at low positive and ultra-low temperatures is relevant and in demand in many scientific and industrial institutions.

KEYWORDS:

fungal strains, *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium solani*, long-term storage, ultra-low temperature, lyophilizate, pathogenicity, phytotoxicity



Введение
Коллекция ФГБНУ ВНИИФ служит для хранения фитопатогенных микроорганизмов и поддержания их в жизнеспособном состоянии [1,2]. В ней проводятся исследования по поиску новых способов хранения микромицетов, при которых они даже после длительного содержания в неблагоприятных условиях могут в полном объеме возобновляться без потери вирулентности и агрессивности [3,4].

В последние годы возбудители грибных болезней растений, принадлежащие к родам *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, встречаются практически во всех ареалах возделывания культурных растений, причиняя им значительный вред [5]. Эти грибы поражают разные виды сельскохозяйственных растений, вызывая гибель всходов, отставание в росте, увядание, щуплость семян, загнивание корней и клубней. Потери урожая от этих патогенов ежегодно составляют 10-15%, а в годы эпифитотий до 45%. Зараженные семена имеют очень низкую энергию прорастания и часто теряют всхожесть. При использовании зерна пшеницы с «черным зародышем» меняется цвет муки, ухудшается товарная ценность и хлебопекарные свойства. В сельскохозяйственной продукции, зараженной этими грибами, накапливаются микотоксины [6-8].

Основными причинами высокой вредоносности грибов из родов *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria* в России являются несоблюдение агротехники, отсутствие устойчивых сортов, неэффективность химического метода защиты и высокая способность к адаптации патогенов к условиям окружающей среды. При этом наиболее экономически выгодным и экологически безопасным способом борьбы является возделывание толерантных сортов [9].

Известно, что в условиях длительного хранения грибов на агаровой питательной среде происходит постепенная утрата их патогенных свойств. Необходимость сохранения коллекционного материала с неизменными

патогенными свойствами диктуется возможностью корректного проведения исследований, включающих разработку методов биологической защиты, мониторинг динамики развития патогенов, оценку их вирулентности и агрессивности, отбора селекционного материала, толерантного к болезням и т.п. [10, 11].

В последние годы болезни, вызываемые несовершенными грибами, принадлежащими к родам *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, значительно расширили свои ареалы и причиняют значительный вред сельскому хозяйству.

Целью наших исследований являлась оценка жизнеспособности, патогенности и фитотоксичности штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после длительного хранения в лиофильном состоянии на полосках фильтровальной бумаги в условиях низких положительных и ультранизких температур.

Материал и методы исследования

Материалом для исследований служили штаммы *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*, выделенные из пораженных образцов пшеницы, ячменя и картофеля. Образцы пораженных растений собраны в Северо-Кавказском, Волго-Вятском и Центральном экономических районах России (табл. 1).

Способность грибов к возобновлению полноценных видовых характеристик на питательной среде изучали после длительного хранения биоматериала, высушенного с помощью метода лиофилизации на фильтровальной бумаге. Метод заключался в следующем: полоски фильтровальной бумаги (3-4 мм x 45-50 мм) помещали на поверхность картофельно-глюкозного агара (КГА) в чашках Петри и засеивали спорами гриба. После того, как полоски зарастали мицелием, их в асептических условиях снимали пинцетом и лиофильно высушивали. Подготовленные таким образом полоски (по 2-5 шт. одного штамма гриба) переносили в сте-

Таблица 1. Происхождение использованных в исследовании штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*
Table 1. Origin of the *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains used in the study

Вид гриба	Штамм	Культура	Происхождение (год, регион, область)
<i>Alternaria alternata</i>	Крт-10л-2	Пшеница	2010, Сев.-Кавказский, Краснодарский кр
<i>Alternaria alternata</i>	Мр-14-2	Ячмень	2014, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРТ 4л-6	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРЧ 2л-4	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРЧ 2л-3	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	Ру10-08-2	Ячмень	2010, Сев.-Кавказский, Краснодарский кр
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/4	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/5	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/7	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Fusarium solani</i>	МПК-13	Пшеница	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Fusarium solani</i>	100021	Картофель	2001, Центральный, Московская
<i>Fusarium solani</i>	FSL-9	Картофель	2002, Центральный, Московская

рильные пластиковые пробирки объемом 2,5 мл и помещали в бытовой холодильник при +40С и в морозильную камеру при -80°С.

О жизнеспособности грибов после хранения в указанных условиях судили по их способности образовывать спорообразующие колонии на КГА в чашках Петри. Для этого после процедур, связанных с выведением гриба из анабиоза, с соблюдением стерильности полоски лиофилизированной бумаги разрезали на 8-10 фрагментов и раскладывали на поверхности питательной среды в чашках Петри. Наблюдения за развитием мицелия проводили ежедневно. Количество спор подсчитывали в камере Горяева.

Патогенные и фитотоксические свойства штаммов изучали на проростках пшеницы сорта Хакасская, используя метод биопробы на семенах [12, 13]. Для определения патогенных свойств штаммов семена тест-объекта проращивали в суспензиях конидий (106 спор/мл), для выявления фитотоксических свойств штаммов - в фильтрате культуральной жидкости (ФКЖ). О патогенности суспензий конидий и токсических свойствах ФКЖ судили по степени ингибирования длины корней тест-объекта. Длина корней в опытном варианте от 0 до 30% свидетельствует о сильной патогенной (П) и о сильной токсической (Т) активности гриба; от 31 до 50% - умеренной патогенности (УП) и умеренной токсичности (УТ); от 51 до 70% - слабой патогенности (СП) и слабой токсичности (СТ); от 71 до 100% - о непатоген-

ных (НП) и нетоксичных (НТ) свойствах изолятов. Контролем служили показатели длины корней, полученные при проращивании семян пшеницы в воде, его принимали за 100%.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате длительного хранения в лиофильном состоянии штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* была установлена достаточно высокая воспроизводимость их морфолого-культуральных свойств после выведения из анабиоза и посева на питательные среды [14]. Практически все культуры после хранения в условиях низких положительных и ультранизких температур возобновляли рост на питательных средах. Колонии грибов во всех вариантах опытов соответствовали морфолого-культуральным свойствам видов [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Что касается штаммов *Fusarium solani* МПК-13 и *Alternaria alternata* МРТ 4л-6, хранившихся в течение 111 и 95,5 месяцев в холодильнике при +4°С, то была установлена потеря жизнеспособности, при этом ни на одном фрагменте зараженной фильтровальной бумаги роста мицелия обнаружено не было.

Для оценки способности к спорообразованию отбирали штаммы грибов, формирующие полноценные колонии. В вариантах опыта проверялось от 8 до 12 таких колоний грибов. Средние значения по количеству спор на чашку Петри приведены в таблице 2.

Таблица 2. Жизнеспособность и спорообразование штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°С и -80°С
Table 2. Viability and sporulation of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°С and -80°С

Штамм	Срок хранения, мес.	Жизнеспособность		Спорообразование (кол-во спор/чашку Петри)		
		+4°С	-80°С	До хранения	+4°С	-80°С
Alternaria alternata						
Крт-10л-2	86	+	+	1,6 x 10 ⁸	0,9 x 10 ⁸	1,9 x 10 ⁸
Мр-14-2	65	+	+	6,3 x 10 ⁶	4,1 x 10 ⁶	6,1 x 10 ⁶
МРТ 4л-6	95,5	-	+	20,1 x 10 ⁶	-	19,3 x 10 ⁶
МРЧ 2л-4	96	+	+	13,4 x 10 ⁶	10,4 x 10 ⁶	13,0 x 10 ⁶
МРЧ 2л-3	96	+	+	9,0 x 10 ⁶	7,6 x 10 ⁶	9,2 x 10 ⁶
Bipolaris sorokiniana						
Ру10-08-2	76	+	+	2,6 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁷	2,9 x 10 ⁷
МРД 3/4	129	+	+	3,1 x 10 ⁶	3,1 x 10 ⁶	3,0 x 10 ⁶
МРД 3/5	129	+	+	5,6 x 10 ⁶	5,6 x 10 ⁶	6,2 x 10 ⁶
МРД 3/7	129	+	+	4,4 x 10 ⁶	2,9 x 10 ⁶	4,5 x 10 ⁶
Fusarium solani						
МПК-13	111	-	+	1,5 x 10 ⁷	-	2,0 x 10 ⁷
100021	120	+	+	2,7 x 10 ⁹	1,8 x 10 ⁹	2,4 x 10 ⁹
FSL-9	120	+	+	3,3 x 10 ⁸	2,5 x 10 ⁸	3,2 x 10 ⁸

Таблица 3. Патогенные свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°C и -80°C
Table 3. Pathogenicity of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°C and -80°C

Штамм	До хранения		Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C		Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C	
	длина корня, %	уровень патогенной активности	длина корня, %	уровень патогенной активности	длина корня, %	уровень патогенной активности
<i>Alternaria alternata</i>						
Крт-10л-2	106,4±3,7	НП	100,3±3,2	НП	103,7±2,9	НП
Мр-14-2	89,1±2,4	НП	90,3±1,5	НП	88,4±2,5	НП
МРТ 4л-6	104,6±4,1	НП	-	-	100,3±4,1	НП
МРЧ 2л-4	64,7±2,5	СП	74,9±2,8	НП	68,5±2,7	СП
МРЧ 2л-3	94,7±3,8	НП	92,7±3,5	НП	99,7±2,6	НП
<i>Bipolaris sorokiniana</i>						
Ru10-08-2	66,7±4,1	СП	70,8±4,0	НП	68,6±3,8	СП
МРД 3/4	79,1±5,6	НП	76,7±4,1	НП	72,7±4,2	НП
МРД 3/5	25,4±3,4	П	32,3±3,4	УП	26,9±4,0	П
МРД 3/7	62,7±6,4	СП	66,6±3,8	СП	60,6±3,7	СП
<i>Fusarium solani</i>						
МПК-13	101,4±4,0	НП	-	-	105,2±3,6	НП
100021	104,6±4,6	НП	102,2±3,5	НП	98,7±5,0	НП
FSL-9	100,5±3,1	НП	90,8±3,0	НП	101,1±2,7	НП

Установлено, что хранение штаммов микромицетов в морозильной камере при -80°C не оказывало негативного влияния на способность колоний к спорообразованию. На 14 сутки культивирования на питательной среде колонии штаммов грибов формировали конидии в количествах, близких к исходным культурам. При хранении штаммов в лиофилизированном состоянии в холодильнике при +4°C отмечали некоторое уменьшение числа образуемых конидий.

Сравнение результатов, полученных после обработки семян пшеницы споровыми суспензиями штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*, не выявило существенных различий по показателю патогенности между вариантами «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C и при -80°C» (табл. 3). Возможно, это связано с невысокой патогенной активностью штаммов грибов, взятых для исследований. В любом случае, полученные результаты показывают, что режимы хранения не оказали влияния на усиление патогенных свойств данных штаммов грибов.

При оценке фитотоксических свойств штаммов грибов картина несколько изменилась (табл. 4). Несмотря на то, что средние значения показателей длины корней в вариантах были в ряде случаев сравнимыми, степень фитотоксической активности была выше у исходных штаммов грибов. ФКЖ этих штаммов вызывали резкое

угнетение роста корней – 18,7-33%. Особенно четкие различия между штаммами грибов заметны при сравнении вариантов «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C». В последнем уровне фитотоксической активности штаммов заметно снижался. В вариантах «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C» различия выражены слабо.

Таким образом, установлено, что длительное хранение штаммов разных видов грибов в лиофильно высушенном состоянии, как в условиях низких положительных и ультранизких температур не оказывало критического негативного влияния на их жизнеспособность. Однако при хранении при +4°C два штамма не возобновили рост.

Сравнение степени патогенности у штаммов грибов до проведения эксперимента и после хранения не выявило между вариантами существенных различий.

При изучении влияния ФКЖ штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* на развитие проростков тест-культуры было установлено дифференцирующее влияние при режиме хранения при +4°C, которое выражалось некоторым ослаблением фитотоксического эффекта. Показатели фитотоксичности штаммов грибов, полученные в вариантах «до» и «после хранения в условиях ультранизких температур» практически не различались.

Таблица 4. Фитотоксические свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°C и -80°C

Table 4. Phytotoxic properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°C and -80°C

Штамм	До хранения		Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C		Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C	
	длина корня, %	уровень фитотоксической активности	длина корня, %	уровень фитотоксической активности	длина корня, %	уровень фитотоксической активности
<i>Alternaria alternata</i>						
Крт-10л-2	28,0±2,1	Т	51,7±2,7	СТ	39,0±3,2	УТ
Мр-14-2	21,1±2,0	Т	36,7±1,8	УТ	28,1±2,1	Т
МРТ 4л-6	23,4±2,5	Т	-	-	25,7±1,6	Т
МРЧ 2л-4	29,9±2,8	Т	38,9±2,0	УТ	32,5±2,3	УТ
МРЧ 2л-3	42,5±2,5	УТ	46,7±3,3	УТ	40,8±3,0	УТ
<i>Bipolaris sorokiniana</i>						
Ру10-08-2	33,0±3,4	УТ	53,2±3,0	СТ	49,1±3,5	УТ
МРД 3/4	25,0±1,3	Т	23,5±1,4	Т	23,9±2,1	Т
МРД 3/5	34,5±1,6	УТ	33,4±1,4	УТ	43,1±2,4	УТ
МРД 3/7	12,1±1,8	Т	13,4±2,0	Т	22,2±1,9	Т
<i>Fusarium solani</i>						
МПК-13	16,6±1,4	Т	-	-	17,3±1,1	Т
100021	18,7±2,0	Т	38,4±2,2	УТ	21,4±3,2	Т
FSL-9	21,2±2,2	Т	30,2±2,1	УТ	27,8±2,0	Т

Закключение

Результаты исследования показали, что метод лиофилизации биоматериала, в том числе несовершенных видов грибов, для длительного хранения при низких положительных и ультранизких температурах является актуальным и востребованным не только в коллекциях микроорганизмов, но и во многих научно-

производственных учреждениях. Хранение при -80°C является предпочтительным для сохранения жизнеспособности и свойств грибных изолятов. Метод хранения в условиях бытового холодильника также заслуживает внимания тем, что не требует дорогостоящего и энергозатратного оборудования.

Литература

- Дубовой В., Жемчужина Н., Елизарова С., Горелов П. Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов ВНИИФ. *Аналитика*. 2016;1(26):76-79. <https://www.elibrary.ru/voslvf>
- Kolomiets T., Zhemchuzhina N. Genetic resources of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP). Conference proceedings of XXXVII Annual Meeting of the European Culture Collection Organization, Moscow, 13-15 September 2018. P. 45-46.
- Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Elizarova S.A. Viability and virulence of wheat leaf rust agent (*Puccinia triticina* Eriks.) isolates after long term preservation. *Agricultural Biology*. 2019;54(3):597-606. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.3.597rus> <https://www.elibrary.ru/cscnl5>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А. Жизнеспособность и патогенность штаммов грибов рода *Fusarium* Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ после длительного хранения в условиях низких температур. Материалы Международной научной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вязёмы Московской обл. 13-17 ноября 2017. С. 328-335. <https://www.elibrary.ru/yprcpi>
- Ишкова Т.И., Берестецкая Л.И., Гасич Е.Л., Левитин М.М., Власов Д.Ю. Диагностика основных грибных болезней зерновых культур. С.-Петербург. 2002. 76 с. <https://www.elibrary.ru/ubcikd>
- Castañares E., Pavicich M., Dinolfo M. et al. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main producing

region of Argentina. *J. Sci. Food Agri*. 2020;(100):1004-1011. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10101>

- Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics. *Toxins*. 2017;9(7):E228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>
- Ганнибал Ф.Б. Токсигенность и патогенность грибов рода *Alternaria* для злаков. Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. История и современность. Под ред. А.П. Дмитриева. СПб: ВИЗР. 2007. С.82-93.
- Санин С.С., Назарова Л.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991-2008 гг.). *Защита и карантин растений*. 2010;(2):69-80. <https://www.elibrary.ru/vungbn>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Александрова А.В., Коломиец Т.М. Микромицеты на озимой пшенице в Краснодарском крае и Ростовской области. *Защита и карантин растений*. 2020;(6):22-26. <https://www.elibrary.ru/ardcsy>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Коломиец Т.М., Аблова И.Б., Глинушкин А.П., Елизарова С.А. Выявление разнообразия микромицетов рода *Fusarium* в агроэкосистемах равнинной части Северного Кавказа для пополнения Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(8):874-881. <https://doi.org/10.18699/VJ21.101> <https://www.elibrary.ru/ybjmzn>
- Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и соавт. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка. 1982. 550 с.
- Парфенова Т.А., Алексеева Т.П. Токсическое влияние фильтрата культуральной жидкости грибов рода *Fusarium* на семена пшеницы. *Микология и фитопатология*. 1995;29(1):78-82.

14. Qiangqiang Z., Jiajun W., Li L. Storage of fungi using sterile distilled water or lyophilization: comparison after 12 years. *Mycoses*. 1998;(41):255-257. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1998.tb00334.x>
15. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. Alternaria diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024;25(3):1-19. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
16. Coleman J.J. *Fusarium solani* species complex. *Molecular Plant Pathology*. 2016;(17):146-158. <https://doi.org/10.1111/mpp.12289>
17. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E., Di Pietro A., Spanu P.D., Rudd J.J., Dickman M., Kahmann R., Ellis J., Foster G.D. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;(13):414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
18. Zaccardelli M., Vitale S., Luongo L., Merighi M., Corazza L. Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium solani* Isolates. *Journal of Phytopathology*. 2008;(156):534-541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01403.x>
19. Gherbawy Y.A., Hussein M.A., Hassany N.A., Shebany Y.M., Hassan S., El-Dawy E.G.A.E. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium solani* species complex (FSSC) associated with potato tubers. *J Basic Microbiol*. 2021;(61):1133-1144. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100393>
20. Kumar J., Schäfer P., Hüchelhoven R., Langen G., Baltrusch H., Stein E., Nagarajan S., Kogel K.-H. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology*. 2002;3:185-195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>

• References

1. Dubovoy V., Zhemchuzhina N., Elizarova S., Gorelov P. State collection of phytopathogenic microorganisms from All-Russian Research Institute of Phytopathology. *Analitika*. 2016;1(26):76-79. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/voslvv>
2. Kolomiets T., Zhemchuzhina N. Genetic resources of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP). Conference proceedings of XXXVII Annual Meeting of the European Culture Collection Organization, Moscow, 13-15 September 2018. P. 45-46. (In Russ.)
3. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Elizarova S.A. Viability and virulence of wheat leaf rust agent (*Puccinia tritici-na* Eriks.) isolates after long term preservation. *Agricultural Biology*. 2019;54(3):597-606. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.3.597rus> <https://www.elibrary.ru/cscslns>
4. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Dubovoy V.P. The influence of storage methods on the viability and pathogenicity of *Alternaria alternata* strains from the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the Federal State Budgetary Institution VNIIF. 2017. P. 328-335. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yprcrpi>
5. Ishkova T.I., Berestetskaya L.I., Gasich E.L., Levitin M.M., Vlasov D.Yu. Diagnosis of the main fungal diseases of cereals. Sankt-Peterburg. 2002. 76 p. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ubcikd>
6. Castañares E., Pavicich M., Dinolfo M. et al. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main produc-

- ing region of Argentina. *J. Sci. Food Agri*. 2020;(100):1004-1011. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10101>
7. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics. *Toxins*. 2017;9(7):E228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>
8. Hannibal F.B. Toxicogenicity and pathogenicity of fungi of the genus *Alternaria* for cereals. Laboratory of Mycology and Phytopathology named after. A.A. Yachevsky VIZR. History and modernity. Ed. A.P. Dmitrieva. Sankt-Peterburg: VIZR. 2007. P. 82-93. (In Russ.)
9. Sanin S.S., Nazarova L.N. Phytosanitary situation on wheat crops in the Russian Federation (1991-2008). *Plant protection and quarantine*. 2010;(2):69-80. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vungbn>
10. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Aleksandrova A.V., Kolomiets T.M. Micromycetes on winter wheat in the Krasnodar territory and Rostov region. *Plant protection and quarantine*. 2020;(6):22-26. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ardcsy>
11. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Kolomiets T.M., Ablova I.B., Glinushkin A.P., Elizarova S.A. Revealing the diversity of *Fusarium* micromycetes in agroecosystems of the North Caucasus plains for replenishing the state collection of phytopathogenic microorganisms of the All-Russian Scientific Research Institute of a Phytopathology. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021;25(8):874-881. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ21.101> <https://www.elibrary.ru/ybjmzn>
12. Dudka I.A., Vasser S.P., Ellanskaya I.A. et al. [Methods of experimental mycology]. Kiev: Nauk. Dumka. 1982. 550 p. (In Russ.)
13. Parfenova T.A., Alekseeva T.P. Toxic effect of the filtrate of the cultural liquid of fungi of the genus *Fusarium* on wheat seeds. *Mycology and phytopathology*. 1995;29(1):78-82. (In Russ.)
14. Qiangqiang Z., Jiajun W., Li L. Storage of fungi using sterile distilled water or lyophilization: comparison after 12 years. *Mycoses*. 1998;(41):255-257. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1998.tb00334.x>
15. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. Alternaria diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024;25(3):1-19. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
16. Coleman J.J. *Fusarium solani* species complex. *Molecular Plant Pathology*. 2016;(17):146-158. <https://doi.org/10.1111/mpp.12289>
17. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E., Di Pietro A., Spanu P.D., Rudd J.J., Dickman M., Kahmann R., Ellis J., Foster G.D. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;(13):414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
18. Zaccardelli M., Vitale S., Luongo L., Merighi M., Corazza L. Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium solani* Isolates. *Journal of Phytopathology*. 2008;(156):534-541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01403.x>
19. Gherbawy Y.A., Hussein M.A., Hassany N.A., Shebany Y.M., Hassan S., El-Dawy E.G.A.E. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium solani* species complex (FSSC) associated with potato tubers. *J Basic Microbiol*. 2021;(61):1133-1144. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100393>
20. Kumar J., Schäfer P., Hüchelhoven R., Langen G., Baltrusch H., Stein E., Nagarajan S., Kogel K.-H. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology*. 2002;3:185-195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>

Об авторах:

Наталья Сергеевна Жемчужина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов, <https://orcid.org/0000-0001-6374-403X>, SPIN-код: 8007-4601, автор для переписки, zhemch@mail.ru

Марина Ивановна Киселева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Отдела микологии и иммунитета, SPIN-код: 2424-2862, shlem2015@mail.ru

Светлана Александровна Елизарова – младший научный сотрудник Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов, SPIN-код: 3743-2560, soul-lana77@mail.ru

Николай Владимирович Меркурьев – аспирант кафедры технологии хранения и переработки плодовоовощной и растениеводческой продукции, merkurevzoom@yandex.ru

About the Authors:

Natalya S. Zhemchuzhina – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of State Collection of Phytopathogenic Microorganisms, <https://orcid.org/0000-0001-6374-403X>, SPIN-code: 8007-4601, author for correspondence, zhemch@mail.ru

Marina I. Kiseleva – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of Department of Mycology and Immunity, SPIN-code: 2424-2862, shlem2015@mail.ru

Svetlana A. Elizarova – Junior Researcher of State Collection of Phytopathogenic Microorganisms, SPIN-code: 3743-2560, soul-lana77@mail.ru

Nikolai V. Merkuryev – Graduate Student of the Department of Technology for Storage and Processing of Fruits and Vegetables and Crop Products, merkurevzoom@yandex.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-117-127>
УДК: 635.11:631.524.86

С.А. Ветрова*, Е.Г. Козарь,
К.С. Мухина, И.А. Енгальчева

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

*Автор для переписки: lana-k2201@mail.ru

Финансирование. Исследования выполнены по Государственному заданию FGGF-2022-0016, FGGF-2024-0020.

Вклад авторов. Ветрова С.А.: научное руководство исследованием, методология, верификация и администрирование данных, проведение и анализ лабораторных и полевых исследований, создание рукописи и её редактирование; Козарь Е.Г.: методология, концептуализация, верификация и администрирование данных, проведение и анализ полевых и лабораторных исследований, создание рукописи и её редактирование, ресурсы; Мухина К.С.: проведение и анализ лабораторных и полевых исследований, создание рукописи, ресурсы; Енгальчева И.А.: методология, проведение и анализ лабораторных исследований, ресурсы, создание рукописи и её редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Мухина К.С., Енгальчева И.А. Влияние *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* на функциональные характеристики микрогаметофита сортов свеклы столовой с разным уровнем устойчивости к бактериозу. *Овощи России*. 2024;(6):117-127. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-117-127>

Поступила в редакцию: 20.10.2024

Принята к печати: 25.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Svetlana A. Vetrova*, Elena G. Kozar,
Kseniya S. Muhina, Irina A. Engalycheva

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

*Correspondence Author: lana-k2201@mail.ru

Funding. The research was carried out under State Assignment FGGF-2022-0016, FGGF-2024-0020.

Authors' Contribution: Vetrova S.A.: scientific supervision of the study, methodology, data verification and administration, conducting and analyzing laboratory and field studies, writing and editing the manuscript. Kozar E.G.: methodology, conceptualization, data verification and administration, conducting and analyzing field and laboratory studies, writing and editing the manuscript, resources. Mukhina K.S.: conducting and analyzing laboratory and field studies, writing the manuscript, resources. Engalycheva I.A.: methodology, conducting and analyzing laboratory studies, resources, writing and editing the manuscript.

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

For citation: Vetrova S.A., Kozar E.G., Muhina K.S., Engalycheva I.A. The influence of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* on the functional characteristics of the microgametophyte of beetroot varieties with different levels of resistance to bacteriosis. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):117-127. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-117-127>

Received: 20.10.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

Published: 29.11.2024

Влияние *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* на функциональные характеристики микрогаметофита сортов свеклы столовой с разным уровнем устойчивости к бактериозу

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Увеличение распространения бактериоза на свекле столовой в условиях Московской области несет эпидемиологическую опасность, что актуализирует исследования по разработке методики оценки растений на устойчивость к бактериозу на ранних стадиях онтогенеза.

Цель. Выявить характер взаимосвязи между реакцией спорофита и микрогаметофита на заражение бактерией *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* (Psa) сортов свеклы столовой с различной устойчивостью корнеплодов к бактериозу.

Материалы и методы. Объекты исследований: растения свеклы столовой сортопопуляций Маруся и Красный бархат, коллекционный штамм Psa 1-21. С применением фитопатологических методов и методов гаметной селекции проводили оценку устойчивости растений в различных вариантах заражения спорофита и гаметофита суспензией и культуральным фильтратом Psa.

Результаты. Средний объем зоны поражения Psa корнеплодов сорта Маруся был в 3,5 раза больше, чем у сорта Красный бархат ($V_p=53 \text{ мм}^3$), который характеризовался выровненностью и отсутствием восприимчивых форм ($V_p>300 \text{ мм}^3$). У сорта Маруся выявлен широкий внутрипопуляционный полиморфизм по устойчивости корнеплодов и листьев, где большинство генотипов проявили среднюю или высокую восприимчивость к возбудителю. У обоих сортов отмечено повышение на 10-30% относительно контроля жизнеспособности пыльцы при высокой (КОЕ 12×10^8 кл/мл) и низкой (КОЕ $2,4 \times 10^8$ кл/мл) концентрациях патогена. Отмечено положительное влияние Psa на рост пыльцевых трубок: у сорта Маруся по мере увеличения концентрации стимулирующий эффект возрастал, у сорта Красный бархат – постепенно снижался. При добавлении разбавленного в 2,5 раза культурального фильтрата Psa у восприимчивого сорта Маруся отмечено повышение жизнеспособности пыльцы (на 3%), у устойчивого сорта Красный бархат – снижение на 24% относительно контроля. По скорости роста пыльцевой трубки дифференцирующим было также разведение 4:6, где средняя длина трубок восприимчивого сорта превысила контроль на 10%, а у устойчивого сорта была ниже контрольного варианта на 18%.

Заключение. Выявлена обратная взаимосвязь между устойчивостью спорофита к Psa и изменением функциональных параметров микрогаметофита сортов свеклы столовой Маруся и Красный бархат под влиянием фитопатогена. Полученные результаты свидетельствуют о перспективах разработки методики отбора устойчивых к бактериозу генотипов свеклы столовой по реакции микрогаметофита.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

свекла столовая (*Beta vulgaris* L.), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, устойчивость, микрогаметофит, спорофит, симптомы бактериоза, корреляционная зависимость

The influence of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* on the functional characteristics of the microgametophyte of beetroot varieties with different levels of resistance to bacteriosis

ABSTRACT

Relevance. An increase in the spread of bacteriosis on beetroot in the conditions of the Moscow region carries an epidemiological danger, which actualizes research on the development of a methodology for evaluating table beet plants for resistance to bacteriosis in the early stages of ontogenesis.

The aim of the research. To identify the nature of the relationship between the reaction of sporophyte and microgametophyte to infection with *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* (Psa) bacterium of beetroot varieties with different resistance of root crops to bacteriosis.

Materials and methods. Objects of research: beetroot plants of the Marusya and Krasny Barhat varietal populations, collection strain Psa 1-21. Using phytopathological methods and methods of gamete breeding, plant resistance was assessed in various variants of infection of sporophyte and gametophyte with suspension and culture filtrate of Psa.

Results. The average volume of the affected area of the Psa root crops of the Marusya variety was 3.5 times greater than that of the Krasny Barhat variety ($V_p = 53 \text{ mm}^3$), which is characterized by alignment and absence of susceptible forms ($V_p > 300 \text{ mm}^3$). The Marusya variety has a wide intrapopulation polymorphism in the stability of root crops and leaves, where most genotypes showed medium or high susceptibility to the pathogen. Both varieties showed an increase of 10-30% relative to the control of pollen viability at high (CFU 12×10^8 cl/ml) and low (CFU 2.4×10^8 cl/ml) concentrations of the pathogen. The positive effect of Psa on the growth of pollen tubes was noted: in the Marusya variety, as the concentration increased, the stimulating effect increased, in the Krasny Barhat variety, it gradually decreased. When adding a 2.5-fold diluted Psa culture filtrate, the susceptible Marusya variety showed an increase in pollen viability (by 3%), and the resistant Krasny Barhat variety showed a 24% decrease relative to the control. According to the growth rate of the pollen tube, the 4:6 dilution was also differentiating, where the average length of the tubes of the susceptible variety exceeded the control by 10%, and in the stable variety it was 18% lower than the control variant.

Conclusion. An inverse relationship was revealed between the resistance of sporophyte to Psa and changes in the functional parameters of the microgametophyte of beetroot varieties Marusya and Krasny Barhat under the influence of a phytopathogen. The results obtained indicate the prospects for the development of a methodology for the selection of bacteriosis-resistant genotypes of beetroot by the reaction of microgametophyte.

KEYWORDS:

beetroot (*Beta vulgaris* L.), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, resistance, microgametophyte, sporophyte, symptoms of bacteriosis, correlation dependence

Введение

В решении проблемы развития овощеводческой отрасли значительная роль отводится созданию гибрида, как основного элемента современных технологий возделывания овощных культур [1]. Большая часть площадей свеклы столовой у крупных производителей заняты гибридами F₁ иностранной селекции в связи с более высокой их урожайностью, товарностью, технологичностью. Однако иностранные гибриды зачастую являются восприимчивыми к аборигенным расам фитопатогенов, что влечет за собой снижение рентабельности производства товарной продукции свеклы столовой [2, 3]. Кроме того, привлечение посевного и посадочного материала из разных стран влечет за собой распространение ранее незарегистрированных болезней различной этиологии [4].

В последние годы на сельскохозяйственных растениях повышается вредоносность фитопатогенных бактерий *Pseudomonas syringae*. Данную группу бактерий с разным уровнем патогенности и различными фазами жизненного цикла (эпифитной и эндофитной) постоянно выделяют из разнообразных экологических ниш [5, 6]. Вид *P. syringae* объединяет 57 патовариантов, специализацию которых традиционно определяют на основе первичного растения-хозяина [7]. Представители вида -граммотрицательные палочковидные бактерии с одним жгутиком, включают в себя флуоресцирующие и нефлуоресцирующие штаммы, относящиеся к классу гамма-протеобактерий. Характерной особенностью *P. syringae* является отсутствие оксидазной и аргинингидролазной активности, наличие сидерофора пиовердина. Бактерии *P. syringae* продуцируют фитотоксин сирингомицин, нарушающий баланс ионов при транспорте через плазматическую мембрану, что приводит к нарушениям водного и электролитного состава клеток [8, 9], могут инфицировать все органы растений, в том числе цветки и даже пыльцу, системно распространяясь потом по растению [10].

Ранее бактериальная пятнистость листьев, вызываемая бактерией *Psa*, была зарегистрирована на посевах сахарной и столовой свеклы, мангольда, дыни, тыквы в странах Северной и Южной Америки, Европы, Азии, а также в Австралии и в Новой Зеландии. В 90-е годы во Франции поражение бактерией *Psa* культуры дыни вызвало эпифитотию с потерей урожая до 80–100%, что свидетельствует об огромном патогенном потенциале данного возбудителя [11–13]. В последние годы под воздействием ряда факторов, в том числе потепления климата, на культуре свеклы усиливается вредоносность бактерии *Psa*, вызывающей бактериальную пятнистость листьев. Исследователями показано, что колонии *Psa* на среде YDC серо-белые, круглые, с ровными краями, нефлуоресцирующие. Порядка 50 % штаммов обладали слабой пектолитической активностью, гидролизвали эскулин, были оксидазо-отрицательными, аргинин-дегидролаза – отрицательными, леван-положительными [10, 14].

На ранней стадии симптомы бактериоза на корнеплодных культурах очень схожи с пятнистостью листьев, вызываемой *Cercospora beticola*, и про-

являются в виде некротических пятен неправильной или круглой формы со светло-коричневым центром и блестящими черными краями [11, 15]. При дальнейшем развитии бактерия, системно поражая сосуды листьев, черешков и стеблей растений, проникает в корнеплод и вызывает побурение сосудистых пучков. Патоген сохраняется в пораженных семенах, в грунте на остатках больных растений, в виде внутренней инфекции маточных корнеплодов, чаще без внешнего проявления симптомов болезни [16, 17].

Из-за сходства с церкоспорозом, данный возбудитель бактериоза долгое время не был обнаружен на посевах свеклы в Российской Федерации. Первое сообщение об эпифитотии бактериоза в условиях Краснодарского края появилось только в 2017 году, где было зарегистрировано поражение 50% производственных посевов свеклы сахарной [18]. В 2019 году в Московской области на коллекционных образцах свеклы столовой южного происхождения южного происхождения также была выделена и идентифицирована бактерия *Psa*, вызывающая симптомы сосудистого бактериоза без внешних признаков поражения корнеплодов [14, 19]. Увеличение распространения бактериоза в последние годы на свекле столовой в условиях Московской области несет эпидемиологическую опасность, что актуализирует исследования по разработке методики экспресс-оценки линий свеклы столовой на устойчивость к бактериозу на разных стадиях онтогенеза.

В селекционном процессе на устойчивость важно иметь фонд родителей-доноров для выведения устойчивых линий, создание которых является сложным и длительным процессом, связанным с биологическими особенностями и двулетним циклом развития растений свеклы столовой. В классической селекции для получения устойчивых линий проводят многолетний отбор в условиях искусственного заражения, что является очень длительным и затратным способом. Поэтому требуется разработка и внедрение в селекционную практику методов экспресс-оценки свеклы столовой на устойчивость к возбудителю бактериоза свеклы на ранних стадиях развития, позволяющих оценить большое число генотипов, выделить источники, повысить эффективность отбора генотипов. Данные приемы позволят на несколько лет сократить селекционный процесс [1, 2].

Одним из эффективно используемых методов на ряде сельскохозяйственных культур является возможность применения оценки устойчивости микрогаметофита к абиотическим и биотическим факторам, позволяющей с минимальными затратами провести скрининг большого числа популяций и в короткие сроки выделить ценные генотипы для селекционной работы. Значимость гаметофитной фазы развития, как правило, недооценивают и, чаще всего, она играет только "пассивную" роль в традиционных методах селекции, несмотря на важность гаметофитного отбора в эволюционном процессе покрытосеменных растений [20].

Концепция отбора на уровне гамет впервые была предложена Стадлером еще в 1944 году, который рассматривал пыльцу как независимый организм, передающий и свою собственную генетическую информацию. Но только спустя 30 лет была выдвинута идея включения

гаметофитного отбора в селекционный процесс. Стали интенсивно развиваться исследования, направленные на изучение совпадений экспрессии генов устойчивости на спорофитном и гаметофитном уровнях, оценки сходства поведения растительного организма между этими двумя фазами в отношении различных внешних стрессов [21, 22]. Основой теории гаметофитного отбора является то, что отбор среди гаплоидных гетерогенных во своем составе популяций мужских гаметофитов может положительно коррелировать с изменениями в следующем спорофитном поколении. Отбор по микрогаметофиту является также эффективной стратегией увеличения частоты встречаемости в потомстве желательных генов [23]. Показано, что различные факторы воздействия на гаметофит, такие как водный и температурный стресс, гербициды и патотоксины, приводят к увеличению числа устойчивых особей в последующем потомстве [24].

В последние годы исследователями посредством оценки устойчивости генотипов на гаметофитном уровне выделены и включены в селекционный процесс генотипы лука устойчивые к бактерии *Pectobacterium corotovorum* [25], нута – к возбудителям фузариозного увядания [26], подсолнечника – к грибу *Alternaria helianthi* [27] и другие. При этом следует отметить, что совпадение реакции спорофита и гаметофита при воздействии на них патогенного объекта неоднозначно и обусловлено видоспецифичностью. Так, на культуре лука репчатого при определении реакции пыльцы на бактериальную суспензию *Erwinia corotovora* выявлена положительная корреляционная зависимость между устойчивостью растений на спорофитной и гаметофитной стадиях развития [25]. На капусте белокочанной, напротив, было показано негативное влияние бактериальной суспензии патогена *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* на жизнеспособность пыльцы устойчивых по спорофиту растений к сосудистому бактериозу, тогда как на прорастание пыльцы восприимчивых образцов патоген оказывал стимулирующее действие [28]. То есть, для успешного скрининга устойчивости генотипов на стадии микрогаметофита важно знать их спорофитные характеристики при различных стрессах, установить характер взаимосвязи между реакцией на фактор отбора спорофита и гаметофита каждой конкретной культуры и типа патосистемы [20].

Цель работы – выявить характер взаимосвязи между реакцией спорофита (корнеплод, отделенный лист) и микрогаметофита (пыльца) на заражение бактерией *Psa* сортов свеклы столовой с различной устойчивостью корнеплодов к бактериозу.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2023–2024 годах на базе лабораторий молекулярно-иммунологических исследований (МИИ), селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ ФНЦО в Одинцовском районе Московской области. Материал исследований: коллекционный изолят *Psa* (*Psa* 1-21); корнеплоды, листья и популяции пыльцевых зерен растений двух сортов свеклы столовой селекции ФГБНУ ФНЦО Маруся и Красный бархат.

Маточные корнеплоды анализируемых сортов выращивали в коллекционном питомнике в 2023 году на

опытном поле основного севооборота ФГБНУ ФНЦО (посев 25 мая – уборка 15 сентября) на грядах по схеме 70+30+70 согласно общепринятым методикам [29]. Во время уборки урожая товарные корнеплоды каждого сорта без признаков поражения болезнями помещали в овощные сетки и закладывали в контейнеры с полиэтиленовыми вкладышами на хранение в овощехранилище при температуре 1–2 °С и влажности 90–92%, в течение семи месяцев (до II декады апреля). После хранения во время весеннего анализа (апрель 2024 года) проводили отбор не пораженных болезнями типичных для сортов маточных корнеплодов для иммунологической оценки в условиях *in vitro* на устойчивость к сосудистому бактериозу, вызываемому *Psa*.

Коллекционный штамм *Psa* 1-21 культивировали на агаризованной питательной среде LB (Luria Bertani Broth, Miller) в течение 48 часов при температуре 28 °С. Бактериальную суспензию готовили в стерильной дистиллированной воде в концентрации 1,2×10⁹ КОЕ/мл (по стандарту МакФарланда титр №4) методом смыва с поверхности питательной среды. Фильтрат культуральной жидкости получали после культивирования бактерии в жидкой питательной среде LB. Для этого в конические колбы объемом 250 мл с жидкой средой (объем среды 100 мл) вносили 1 мл бактериальной суспензии в концентрации 1×10⁹ КОЕ/мл, с дальнейшим инкубированием при температуре 27 °С на орбитальном шейкере при 110 оборотах в минуту в течение 3 суток. Далее содержимое колб фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0,22 мкм с помощью вакуумного насоса.

Оценку устойчивости растений свеклы столовой к *Psa* проводили в серии независимых лабораторных опытов с использованием различных вариантов заражения на разных стадиях развития растений. В качестве тест-объектов при искусственной инокуляции использовали корнеплоды, отделенные листья семенных растений и пыльцу двух испытуемых сортов свеклы столовой.

В первом опыте проводили заражение путем инокуляции высечек (дисков) корнеплодов сортов Маруся и Красный бархат [30]. Отобранные 12 маточных корнеплодов каждого сорта тщательно промывали в проточной водопроводной воде с мылом, затем подвергали поверхностной стерилизации, погружая в 50 % раствор гипохлорита натрия на 15 минут, после чего дважды промывали в стерильной воде и маркировали. После стерилизации, отрезали 1/3 боковой части корнеплодов, делили на диски размером 4×3×1 см и помещали в пластиковые контейнеры. Затем в центральной части дисков стерильной иглой от шприца делали два укола глубиной 3 мм на расстоянии примерно 1 см друг от друга и дозированно вносили по 200 мкл инокулята в каждый прокол. В контроле в качестве инокулята использовали стерильную воду. В каждом варианте 12 корнеплодов в трехкратной повторности.

В контейнерах с зараженными дисками корнеплодов создавали условия влажной камеры и помещали в термостат при температуре 20 °С. Учет симптомов и степени поражения оценивали на десятые сутки после заражения, измеряя диаметр и глубину с последующим расчетом объема зоны поражения (V_p , мм³), который является наиболее информативным критерием оценки

агрессивности патогенов и уровня устойчивости генотипов корнеплодных культур [31]. Промаркированные маточные корнеплоды после иммунологической оценки высаживали в грунт, где они формировали новую розетку листьев и цветоносы.

Во втором опыте, после отрастания листовой розетки высаженных корнеплодов, проводили заражение отделенных листьев в условиях *in vitro*. С каждого растения срезали листья одного возраста, тщательно промывали под проточной водой, замачивали на 10 минут в слабом мыльном растворе, потом трижды ополаскивали стерильной водой. Заражение проводили путем погружения черешка листа, предварительно срезав 0,5 см его основания, в пробирки с 10 мл бактериальной суспензии или культурального фильтрата в различных разведениях. Активность бактериальной суспензии испытывали в концентрации $1,2 \times 10^9$ КОЕ/мл. Фитотоксичность культурального фильтрата испытывали только в двух разведениях 5:5 и 1:9, поскольку в меньших разведениях чистая питательная среда LB сама вызывала увядание листьев. Контроль – стерильная вода. Опыт закладывали в четырехкратной повторности, по три настоящих листа каждого сорта в каждой повторности. Пробирки с листьями инкубировали в штативах при температуре 20-22 °C при рассеянном свете. Учет симптомов поражения бактериозом проводили по пятибалльным шкалам. Хлороз и некроз: 0 – поражение отсутствует; 1 – поражение очень слабое, единичные хлорозные или некрозные пятна площадью до 10% поверхности листовой пластины; 2 – поражение слабое, до 20% поверхности листа занимает некроз или до 30% – хлороз; 3 – поражение среднее, до 50% – некроз или до 70% хлороз; 4 – поражение сильное, более 50% – некроз, хлороз более 70%. Шкала учета увядания: 0 – отсутствует; 1 – подвядает край листовой пластины; 2 – подвядает 50% листовой пластины; 3 – подвядает вся листовая пластина без потери тургора центрального черешка; 4 – полное увядание с подсыханием листовой пластинки. Характер распространения симптомов регистрировали в динамике: на четвертые и десятые сутки после заражения.

При обоих способах заражения из пораженных тканей дисков корнеплодов и листьев были реизолированы бактерии с идентичными характеристиками колоний, что и испытываемый изолят из пораженных тканей сосудов корнеплодов, то есть подтверждены постулаты Коха.

В третьем опыте изучали влияние водной суспензии *Psa* и культурального фильтрата патогена на прорастание микрогаметофита *in vitro* анализируемых сортов свеклы столовой. Для проращивания пыльцы использовали следующий состав питательной среды (на 100 мл): ПЭГ-6000 – 25 г, сахароза – 15 г, H_3BO_3 – 5 мг, $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ – 15 мг, pH 5,8-6,5 (контроль) [32]. В зависимости от варианта опыта среды готовили на основе дистиллированной стерильной воды (контроль), на основе соответствующих концентраций водной бактериальной суспензии и разведений культурального фильтрата, куда добавляли выше перечисленные ингредиенты. Варианты опыта: бактериальная суспензия – исходная концентрация $1,2 \times 10^9$ КОЕ/мл и разведения 2:8, 4:6, 5:5, 7:3, 9:1; культуральный фильтрат – исходный и разведения 2:8, 4:6, 5:5.

Пыльники с индивидуальных промаркированных растений собирали во время цветения утром (с 8 до 10 часов) с раскрывшихся цветков, помещая их в пластиковые боксы с крышками, где ее хранили до начала эксперимента в течение 1-2 часов при комнатной температуре в темноте. Пыльцу осторожно вытряхивали из пыльников на пергаментные листы и с помощью препаровальных игл осуществляли посев на стерильные предметные стекла с каплями (20 мкл) питательной среды каждого варианта в трехкратной повторности. Стекла помещали во влажную камеру в чашках Петри и инкубировали на рассеянном свете при температуре 24...25°C в течение двух часов. Препараты с проросшей пылью фиксировали дифференциальным красителем по Данвеллу [33]. Цифровую микрофотосъемку пяти окуляр-полей в каждой капле осуществляли на микроскопе Zeiss Axio Lab A1 с помощью фотонасадки ADF с программным обеспечением Image Capture (версия x64, 4.11.21522.20221011). В дальнейшем на основе полученных снимков с использованием этой программы проводили подсчет жизнеспособных (проросших) и не проросших пыльцевых зерен, измеряли длину пыльцевых трубок. Объем выборки для подсчетов и измерений в каждом варианте составлял 300-500 пыльцевых зерен в трехкратной повторности.

Анализ экспериментальных данных и статистическая оценка были выполнены в Microsoft Excel 2016 для Windows 10 и Statistical 7.0.

Результаты исследований

Для выявления характера взаимосвязи между реакцией спорофита и гаметофита на искусственное заражение *Psa*

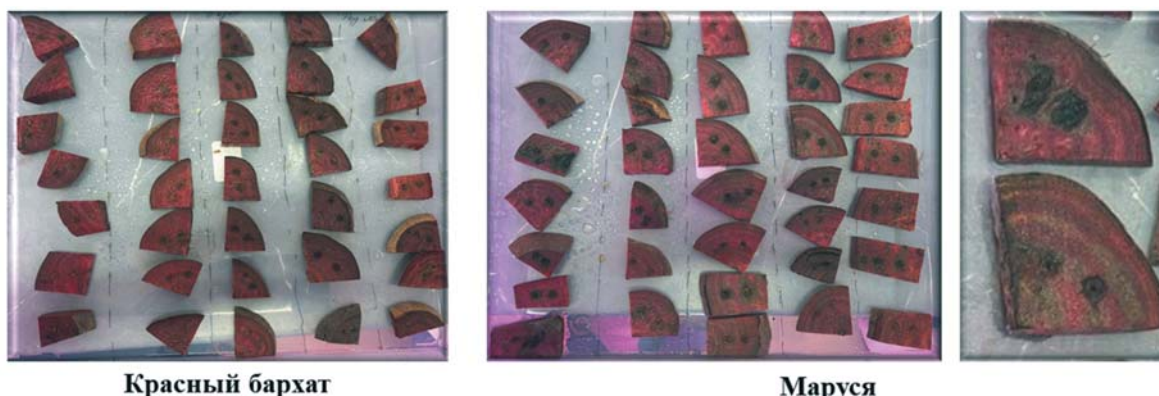


Рис. 1. Симптомы проявления бактериоза при искусственном заражении высечек корнеплодов свеклы столовой *Psa* на 10 сутки после заражения

Fig. 1. Symptoms of bacteriosis during artificial infection of red beet root cuttings *Psa* on the 10th day after infection

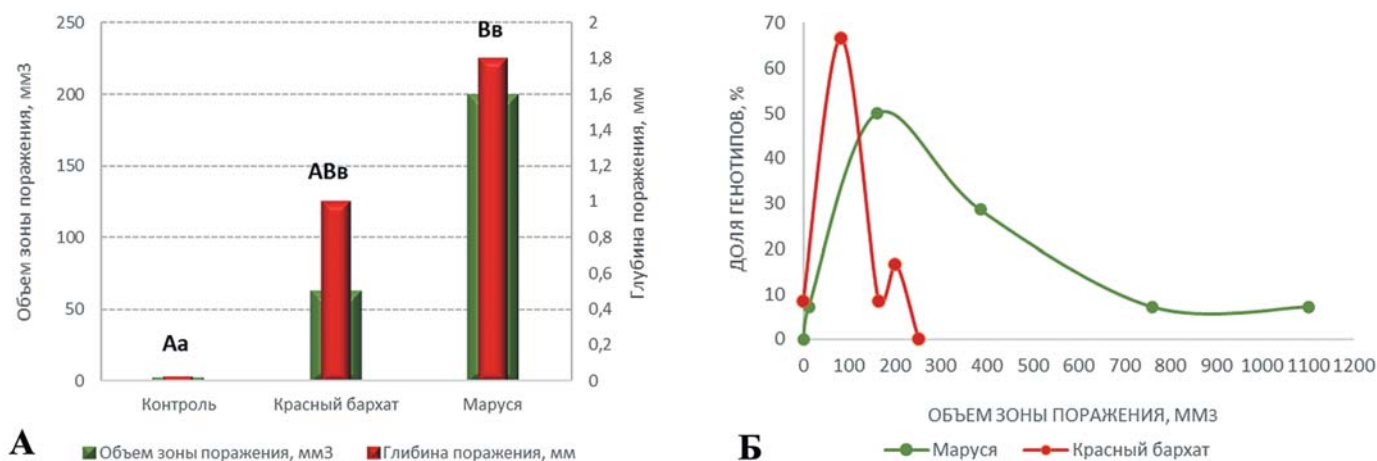


Рис. 2. Объем и глубина зоны поражения дисков корнеплодов (А) и распределение генотипов (Б) в пределах сортопопуляций свеклы столовой Маруся и Красный бархат при искусственной инокуляции коллекционным штаммом *Psa* 1-21

Примечание: существенность различий с вероятностью 95% согласно тесту Дункана между сортами по показателю «объем зоны поражения» обозначена заглавными буквами (А, В), по «глубине поражения» - прописными (а, b)

Fig. 2. The volume and depth of the lesion zone of root crop discs (A) and the distribution of genotypes (B) within the varietal populations of beetroot Marusya and Krasny Barhat with artificial inoculation with the collection strain *Psa* 1-21

Note: the significance of differences with a 95% probability according to the Duncan test between varieties in terms of "volume of the affected area" is indicated in capital letters (A, B), in "depth of the lesion" - in capital letters (a, b).

растений свеклы столовой, изучали воздействие патогена на корнеплоды, отделенные листья, микрогаметофит. В исследование включили два сорта селекции ФНЦО Маруся и Красный бархат с разной устойчивостью корнеплодов к бактериозу на основе оценки на естественном инфекционном фоне в течение трех лет, что было подтверждено и результатами иммунологической оценки в условиях *in vitro*. При инокуляции высечек корнеплодов анализируемых сортов водной суспензией *Psa* наблюдали симптомы развития бактериоза в виде темно-коричневых или черных вдавленных пятен различной формы, как правило, с четкой границей, с дальнейшим образованием скудного бактериального экссудата на поверхности пораженной ткани (рис. 1). Подобные симптомы были зарегистрированы на корнеплодах, пораженных бактериозом на естественном инфекционном фоне, откуда был выделен, а затем идентифицирован, включенный в данные исследования коллекционный штамм *Psa* 1-21.

Для фактической фиксации степени поражения дисков исследуемых сортов учитывали объем и глубину зоны поражения, которые дают более полное представление о характере развития патогена в тканях корнеплода и позволяют выявить сортоспецифичность реакции на заражение [19]. Средний объем зоны поражения дисков корнеплодов у сорта Маруся был в 3,5 раза больше, чем у сорта Красный бархат, который по величине поражения существенно не отличался от контрольного варианта опыта (рис. 2 А). По степени распространения патогена вглубь тканей, значимых различий между сортами не выявлено. Глубина зоны поражения в пределах обоих сортов варьировала от 0,5 до 4 мм и в среднем у сорта Маруся составляла 1,8 мм, у сорта Красный бархат – 1,1 мм. Таким образом, при инокуляции дисков корнеплодов сорта Маруся наблюдали равномерное распространение патогена как по поверхности, так и вглубь тканей, тогда как у сорта

Красный бархат в первую очередь наблюдали быстрое поражение внутренних тканей, с дальнейшим постепенным незначительным расширением внешнего диаметра зоны поражения по поверхности диска.

Следует отметить, что сортопопуляция Красный бархат более выровнена по устойчивости индивидуальных генотипов и в ней отсутствуют высоковосприимчивые формы ($V_p > 300$ мм³), доля которых в сортопопуляции Маруся составила 17% от числа проанализированных маточных корнеплодов (рис. 2Б).

При заражении отделенных листьев путем погружения черешка в бактериальную суспензию у сорта Маруся уже на вторые сутки появились симптомы в виде продолговатых некрозов на центральной жилке, на четвертые сутки – бурые расплывчатые некротические пятна с диффузным хлорозом, занимающие в среднем до 20-30% всей поверхности листа и частичная потеря тургора от 1 до 3 баллов (рис. 3). У сорта Красный бархат симптомы бактериоза были менее выражены, особенно в отношении увядания (0-1 балл). Однако в его популяции, в отличие от корнеплодов, на листьях отдельных генотипов на четвертые сутки отмечена высокая степень развития хлороза и некроза, но доля таких генотипов составила всего 16%, а десятые сутки дифференциация сортов по устойчивости листьев была менее выражена, пораженная ткань у обоих сортов занимала уже 80-100% листовой пластинки, приобретала темно-коричневую, почти черную окраску, листья практически полностью увядали и засыхали, что свидетельствует о высокой агрессивности патогена в отношении отделенных листьев свеклы столовой (рис. 4). Тем не менее, полученные результаты подтвердили, что на уровне спорифита (корнеплоды и листья) выбранные сорта Маруся и Красный бархат достоверно отличаются по устойчивости к возбудителю бактериоза – *Psa*.

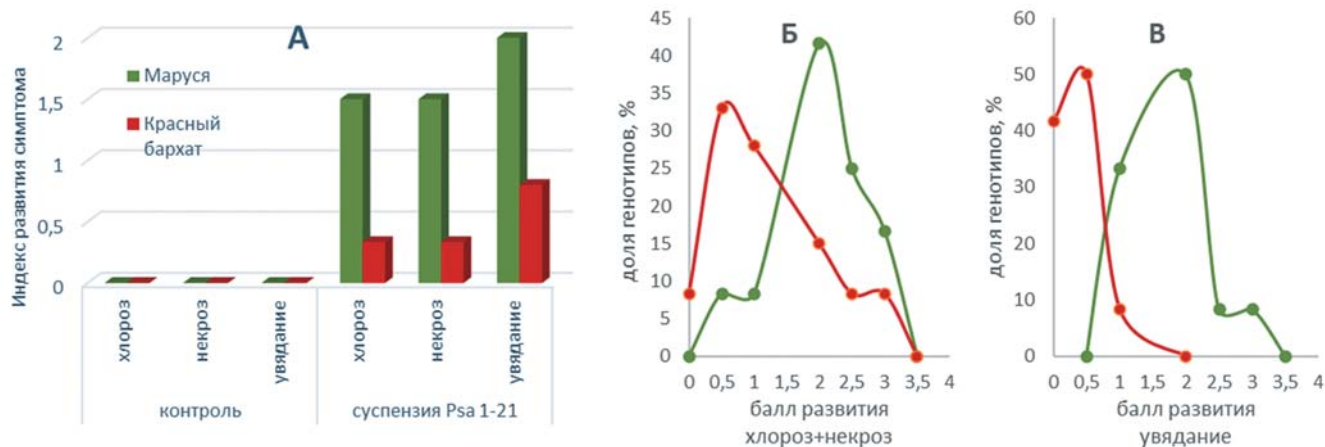


Рис. 3. Степень развития симптомов (А) и распределение генотипов (Б, В) в пределах сортопопуляций свеклы столовой Маруся и Красный бархат при искусственной инокуляции отдельных листьев коллекционным штаммом Psa 1-21
Fig. 3. The degree of development of symptoms (A) and the distribution of genotypes (B, C) within the varietal populations of beetroot Marusya and Krasny Barhat with artificial inoculation of separated leaves with the collection strain Psa 1-21

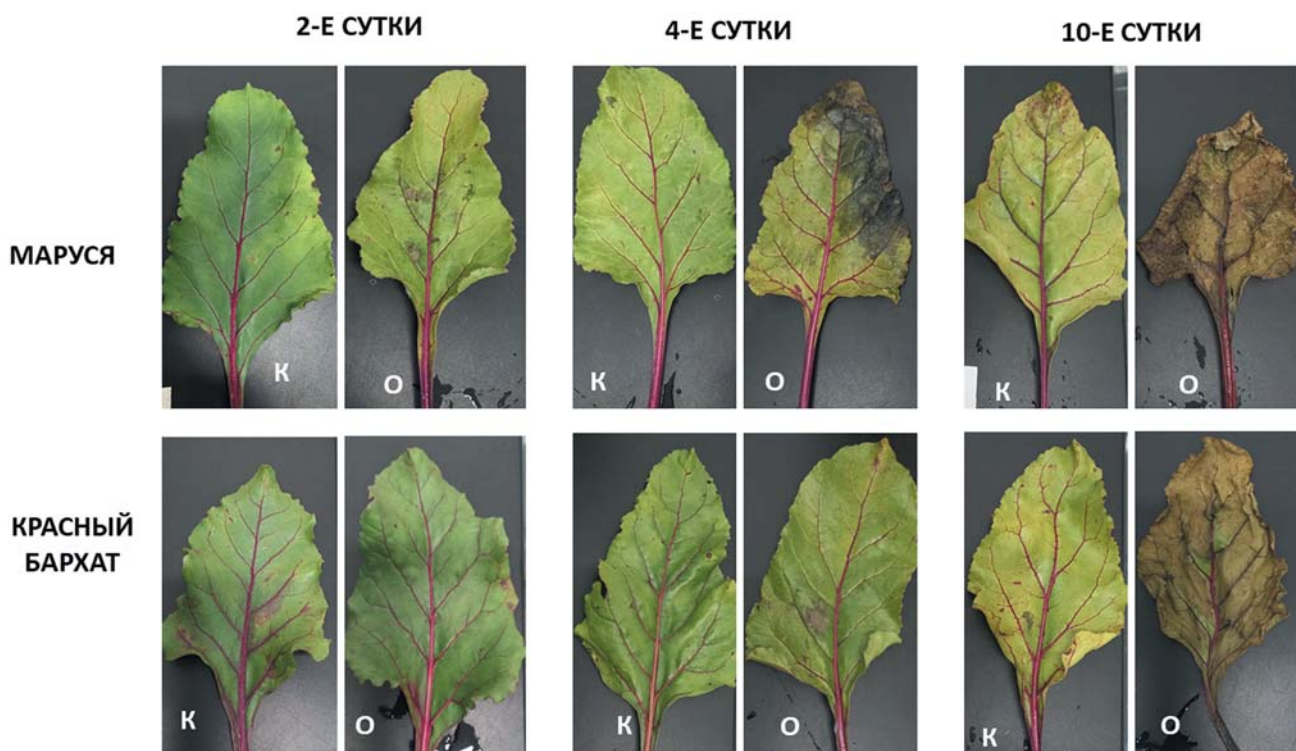


Рис. 4. Динамика развития симптомов бактериоза на отдельных листьях свеклы столовой сортопопуляций Маруся и Красный бархат при искусственной инокуляции коллекционным штаммом Psa 1-21 (бактериальная суспензия)
Fig. 4. Dynamics of the development of bacteriosis symptoms on separated beet leaves of the Marusya and Krasny Barhat varietal populations during artificial inoculation with the collection strain Psa 1-21 (bacterial suspension)

Реакцию микрогаметофита на присутствие в питательной среде клеток возбудителя изучали на общепопуляционном уровне в пределах каждого сорта. Для этого в период массового цветения собирали пыльники со всех анализируемых семенных растений. Выделенную пыльцу объединяли, аккуратно перемешивали и проводили посев на питательные среды в соответствии с вариантами опыта. Анализ полученных результатов выявил неоднозначную зависимость между изменением функциональных параметров микрогаметофита, концентрацией бактериальных клеток патогена в питательной среде и устойчивостью сорта к возбудителю. Жизнеспособность пыльцы и длина пыльцевых трубок сорта Красный бархат, в целом во всех вариантах, были выше, чем у сорта Маруся. В контроле (ЖСП) составила 32% и 9%, а длина пыльцевых трубок в среднем 67 мкм и 40

мкм соответственно (табл. 1).

У обоих сортов отмечена схожая тенденция изменения жизнеспособности в ряду разведений бактериальной суспензии, а именно: резкое повышение числа проросших пыльцевых зерен в вариантах с высокой (исходной) и низкой концентрацией (разведение 2:8) бактериальных клеток в среде, а в диапазоне средних разведений (от 9:1 до 5:5) – ее снижение практически до уровня контрольных значений. Соответственно, кривые величин отклонений от контроля по данному параметру в зависимости от концентрации клеток патогена в среде имели вид параболы (рис. 5А). При этом стимулирующий эффект в крайних вариантах был более выражен у восприимчивого сорта Маруся, где процент прорастания пыльцы увеличился на 25-28%, тогда как у сорта Красный бархат – на 12-19% по сравнению с контролем.

Таблица 1. Влияние бактериальной суспензии Psa 1-21 на жизнеспособность пыльцы и рост пыльцевых трубок сортов свеклы столовой *in vitro* в зависимости от ее концентрации в питательной среде для проращивания пыльцы
Table 1. Effect of bacterial suspension Psa 1-21 on pollen viability and growth of pollen tubes of beetroot varieties *in vitro*, depending on its concentration in the nutrient medium for pollen germination

Вариант опыта		Доля проросшей пыльцы (ЖСП),		Средняя длина пыльцевой трубки, мкм	
Разведение суспензии	КОЕ, кл/мл	сорт Маруся	сорт Красный бархат	сорт Маруся	сорт Красный бархат
Контроль	0	9	34	40	67
2:8	2,4x10 ⁸	37	53	51	119
5:5	6,0x10 ⁸	8	46	59	81
7:3	8,4x10 ⁸	6	29	64	77
9:1	10,8x10 ⁸	13	24	66	78
10:0	12x10 ⁸	34	46	92	94
HCP ₀₅		11	8	12	18

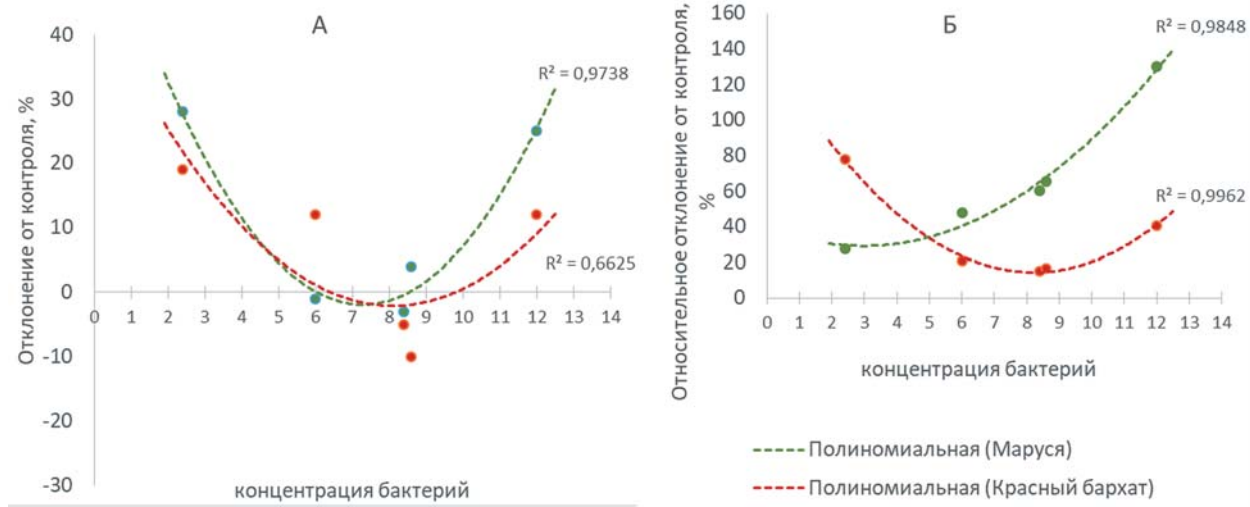


Рис. 5. Отклонения показателей жизнеспособности пыльцы (А) и длины пыльцевой трубки (Б) у сортов свеклы столовой в опытных вариантах от контроля в зависимости от концентрации клеток (КОЕ, x108 кл/мл) Psa 1-21 в питательной среде для проращивания пыльцы
Fig. 5. Deviations of pollen viability (A) and pollen tube length (B) in beetroot varieties in experimental versions from control depending on the concentration of cells (CFU, x108 cl/ml) Psa 1-21 in the nutrient medium for pollen germination

Присутствие в питательной среде Psa положительно влияло на скорость роста пыльцевых трубок обоих сортов, длина которых через два часа проращивания превысила контроль на 28-130% у сорта Маруся и на 40-78% у сорта Красный бархат. Однако, в отличие от ЖСП, реакция сортов на изменение концентрации патогена отличалась (рис. 5 Б). У восприимчивого сорта по мере ее увеличения стимулирующий эффект возрастал и достигал максимума при КОЕ 12x10⁸ кл/мл. Длина пыльцевых трубок устойчивого, наоборот, постепенно снижалась и была наибольшей при низкой концентрации КОЕ 2,4x10⁸кл/мл (разведение 2:8).

В патогенезе развития бактериоза, вызываемого Psa, значимую роль играют также фитотоксичные экзо-метаболиты бактерий, резистентность к которым также определяет устойчивость растений анализируемых сортов. Как видно из рисунка 6, степень развития симптомов поражения на отделенных листьях сорта Красный бархат, помещенных в культуральный фильтрат, после трехсуточного культивирования штамма Psa 1-21 в жидкой среде LB, была в 2-7 раз ниже, чем у восприимчивого сорта Маруся.



Рис. 6. Степень развития симптомов бактериоза на отделенных листьях сортов свеклы столовой Маруся и Красный бархат при искусственной инокуляции культуральным фильтратом Psa 1-21
Fig. 6. The degree of development of bacteriosis symptoms on the separated leaves of beetroot varieties Marusya and Krasny Barhat during artificial inoculation with Psa 1-21 culture filtrate



Рис. 7. Влияние среды LB в ряду разведений как основы питательной среды для проращивания на жизнеспособность и рост пыльцевых трубок пыльцы свеклы столовой *in vitro*
Fig. 7. The effect of LB medium in a number of dilutions as the basis of a nutrient medium for germination on the viability and growth of pollen tubes of beetroot pollen *in vitro*

Таблица 2. Влияние культурального фильтрата штамма Psa 1-21 на жизнеспособность пыльцы и рост пыльцевых трубок сортов свеклы столовой *in vitro* в зависимости от разведения
Table 2. Effect of Psa 1-21 strain culture filtrate on pollen viability and growth of pollen tubes of beetroot varieties *in vitro*, depending on breeding

Вариант опыта, разведение КФ	Доля проросшей пыльцы (ЖСП)				Средняя длина пыльцевой трубки			
	Маруся		Красный бархат		Маруся		Красный бархат	
	%	отклонение от К, %	%	отклонение от К, %	мкм	отклонение от К, %	мкм	отклонение от К, %
Контроль	9	-	34	-	40	-	67	-
2:8	12	3	11	-24	67	68	84	25
4:6	9	0	6	-28	44	10	55	-18
5:5	7	-2	4	-30	24	-40	46	-31
10:0	1	-8	1	-33	0	-100	0	-100
НСР ₀₅	3		10		14		13	

Предварительный анализ показал, что в неразбавленном виде среда LB оказывает сильное негативное действие на функциональные характеристики пыльцы свеклы столовой, приводя к практически полной стерилизации пыльцевых зерен. По мере ее разведения отрицательное влияние на проращивание пыльцы быстро снижается и становится мало существенным, начиная с разведения 5:5 (рис. 7). Поэтому активность разных разведений культурального фильтрата Psa 1-21 оценивали в сравнении с чистым контролем (без добавления LB). Полученные результаты представлены в таблице 2, из которой видно, что в разведении 2:8 культуральный фильтрат оказал положительный эффект на жизнеспособность и длину пыльцевых трубок у восприимчивого сорта Маруся, как и в опыте с водной суспензией. У сорта Красный бархат при этом разведении отмечали только стимуляцию роста пыльцевых трубок, но эффект относительно контрольного варианта был ниже, чем у сорта Маруся. В меньших разведениях отклонение от контроля у этого сорта было менее существенным, в отличие от сорта Красный бархат, у которого уже в варианте с разведением 2:8 жизнеспособность пыльцы снижалась в три раза, а при разведении 5:5 в девять раз.

Заключение

Считается, что успех разработки методики экспресс-оценки устойчивости генотипов по реакции микрогаметофита на стрессовые факторы зависит от следующих важных условий – это наличие корреляции между реакцией спорофита и гаметофита на стрессор; совпадение генетического контроля между фазами спорофита и гаметофита; экспрессия целевых генов в пыльце в ответ на внешнее воздействие [20]. Спорофитная резистентность сортов свеклы столовой к бактериозу, возбудителем которого является *P. syringae* pv. *aptata*, определяется уровнем органоспецифичной (корнеплод, листья) устойчивости доминирующей группы генотипов в их популяциях. По корнеплодам сорт Красный бархат характеризуется выровненностью с преобладанием фракции устойчивых (80%) и отсутствием восприимчивых форм ($V_p > 300 \text{ мм}^3$), тогда как при заражении отделенных листьев доля восприимчивых генотипов составила около 16%. Сорт Маруся имеет более широкий внутривидовой полиморфизм по устойчивости корнеплодов и листьев, где большинство генотипов проявляли среднюю или высокую восприимчивость к возбудителю.

Проращивание пыльцы этих сортов на питательной среде с суспензией бактериальных клеток патогена выявило схожую реакцию на изменение концентрации

инвазионного начала в среде. Это резкое повышение относительно контроля доли проросших пыльцевых зерен при высокой (КОЕ 12×10^8 кл/мл) и низкой (КОЕ $2,4 \times 10^8$ кл/мл) концентрациях (на 10-30%) и ее снижение практически до уровня контрольных значений в диапазоне промежуточных разведений. У обоих сортов отмечено стимулирующее влияние патогена на рост пыльцевых трубок, причем у восприимчивого сорта Маруся оно увеличивалось по мере роста концентрации бактериальных клеток в питательной среде. Средняя длина пыльцевых трубок этого сорта через два часа проращивания в зависимости от разведения была на 20-140% выше, чем в контроле. В то же время максимальная длина трубок устойчивого сорта Красный бархат, наоборот, была зарегистрирована при самой низкой концентрации патогена в среде в разведении 2:8, превысив контроль на 80%, а при повышении концентрации стимулирующий эффект снижался и в разведении 7:3 составил только 18% относительно контроля.

Обратная взаимосвязь между устойчивостью спорифита и изменением функциональных параметров микрогаметофита разных сортов под влиянием фитопатогена была отмечена и на культуре капусты белокочанной к сосудистому бактериозу. Это связывают со способностью возбудителя выделять в среду различные

экзополисахариды и соединения гормонального типа, стимулирующих прорастание и рост пыльцевых трубок свеклы столовой, особенно восприимчивых генотипов. В данном случае, к устойчивым авторы относят генотипы, жизнеспособность пыльцы которых снижается в присутствии возбудителя, чем без такового [28]. В отношении свеклы столовой подобная зависимость более четко проявилась при добавлении в питательную среду для проращивания, разбавленного в 2,5 раза культурального фильтрата трехсуточной культуры *P. syringae* pv. *aptata* (разведение 2:8). У восприимчивого сорта Маруся в этом варианте отмечено повышение жизнеспособности пыльцы (на 3%), у устойчивого сорта Красный бархат – снижение на 24% относительно контроля. По скорости роста пыльцевой трубки дифференцирующим было также разведение 4:6, где средняя длина трубок восприимчивого сорта превысила контроль на 10%, а у устойчивого сорта она была ниже контрольного варианта на 18%. Полученные результаты модельного опыта свидетельствуют о перспективности начатых исследований с целью разработки методики оценки и отбора устойчивых к бактериозу генотипов свеклы столовой по реакции микрогаметофита. Для этого планируется расширить спектр агрессивных штаммов возбудителя и сортимент анализируемых образцов с различной генетической основой.

• Литература

- Ветрова С.А., Вюртц Т.С., Заячкова Т.В., Степанов В.А. Современное состояние рынка овощных корнеплодов в РФ и пути решения проблемы продовольственной безопасности. *Овощи России*. 2020;(2):16-22. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-16-22> <https://elibrary.ru/frzyol>
- Engalychева I.A., Kozar E.G., Stepanov V.A., Sirota S.M., Soldatenko A.V. Resistance of carrots to diseases as a factor of increasing production profitability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(650):012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012054> <https://elibrary.ru/fllstz>
- McGrath J.M., Panella L. Sugar Beet Breeding. In: Goldman I. *Plant Breeding Reviews*. 2018;(42):167-218. <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch5>
- Словарева О.Ю. Бактерии, имеющие значение для экспорта российской зерновой продукции. *Фитосанитария. Карантин растений*. 2024;S2-1(18):22. <https://elibrary.ru/hwzkyu>
- Berge O., Monteil C. L., Bartoli C., et al. A user's guide to a data base of the diversity of *Pseudomonas syringae* and its application to classifying strains in this phylogenetic complex. *PLoS ONE*. 2014;9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105547>
- Енгальчева И.А., Козарь Е.Г., Антошкин А.А., Игнатов А.Н., Фролова С.Л. Патогенность бактерии *Pseudomonas syringae* DC3000 в отношении фасоли овощной и выделение источников устойчивости. *Достижения науки и техники АПК*. 2024;38(10):40-46. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_10_40 <https://elibrary.ru/fobipn>
- Morris C.E., Kinkel L.L., Xiao K., et al. Surprising niche for the plant pathogen *Pseudomonas syringae*. *Infection, Genetics and Evolution*. 2007;7(1):84-92. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2006.05.002>
- Xin X.-F., Kvitko B., Yang He Sh. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen. *Nature reviews. Microbiology*. 2018;16(5):316-328. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.17>
- Петюренко М.Ю., Безлер Н.В., Хуссейн А.С. Скрининг бактерий рода *Pseudomonas*, ассоциированных с *Beta vulgaris* L., на наличие признаков патогенности и кодирующих их генов *sygB* и *hrpZ*. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(1):16-19. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10103> <https://elibrary.ru/qqyqzr>
- Lelliott R.A., Billing E., Hayward A.C. A Determinative Scheme for the Fluorescent Plant Pathogenic *Pseudomonads*. *Journal of Applied Bacteriology*. 1966;29(3):470-489. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1966.tb03499.x>
- Morris C., Glaux C., Latour X., Gardan L., Samson R., Pitrat M. The relationship of host range, physiology, and genotype to virulence on cantaloupe in *Pseudomonas syringae* from cantaloupe blight epidemics in France. *Phytopathology*. 2000;90(6):636-646. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.6.636>
- Nikolić I., Stanković S., Dimkić I., Berić T., Stojšin V., Janse J., Popović T. Genetic diversity and pathogenicity of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* isolated from sugar beet. *Plant Pathology*. 2018;67(5):1194-1207. <https://doi.org/10.1111/ppa.12831>
- Sedighian N., Shams-Bakhsh M., Osdaghi E., Khodaygan P. Etiology and host range of bacterial leaf blight and necrosis of squash and muskmelon in Iran. *Journal of Plant Pathology*. 2014;96(3):507-514. <https://doi.org/10.4454/jpp.v96i3.3201>
- Игнатов А.Н., Паньчева Ю.С., Воронина М.В., Гресис В.О., Пакина Е.Н. Ожог листьев и гниль корнеплодов сахарной свёклы, вызванные *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* в Российской Федерации. *Сахар*. 2018;(7):14-17. <https://elibrary.ru/xwfgmx>
- Janse J.D. A leaf spot disease of sugar beet, caused by *Pseudomonas syringae*. *Gewasbescherming*. 1979;(10):121-125.
- Лазарев А.М., Попов Ф.А. Бактериозы свеклы. *Защита и карантин растений*. 2014;(12):27-29. <https://elibrary.ru/szgeyh>
- Селиванова Г.А. Болезни сахарной свеклы при интенсифи-

- кации технологии выращивания культуры. *Земледелие*. 2013;(4):31–35. <https://elibrary.ru/qctijz>
18. Панычева Ю.С., Воронина М.В., Гресис В.О., Игнатов А.Н. Бактериальные болезни сахарной свёклы в Российской Федерации: распространение и вредоносность. *Сахар*. 2017;(11):2-6. <https://elibrary.ru/zxmdnn>
19. Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Мухина К.С., Заячковский В.А. Патогенность московского изолята *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* в отношении культуры свеклы столовой. *Достижения науки и техники АПК*. 2024;37(10):63-69. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_10_63 <https://elibrary.ru/ohbhia>
20. Sowmya H.H., Sumalatha G.M., Showkath Babu B.M., Supriya S.M., Ramya V., Kamatar M.Y. Pollen selection for selection of genotypes against different stress environments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(1):3046-3049. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1756844>
21. Jourden C., Simmonneaux D., Renard M. Selection of pollen for linolenic acid content in rapeseed *Brassica napus* L. *Plant Breeding*. 1996;115(1):11–15. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00863.x>
22. Кильчевский А.В., Антропенко Н.Ю., Пугачева И.Г. Изучение корреляционных связей между признаками спорофита и гаметофита томата в диаллельных скрещиваниях. Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства овощных культур. Москва: ВНИИССОК. 2005. 20 с.
23. Ottaviano E., Sari-Gorla M. Gametophytic and sporophytic selection. *Plant Breeding. Principles and Prospects*. 1993. P. 333–352.
24. Ravikumar R.L., Patil B.S., Soregaon C.D. et al. Genetic evidence for gametophytic selection of wilt resistant alleles in chickpea. *Theor Appl Genet*. 2007;(114):619–625. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0462-4>
25. Агафонов А.Ф. Шмыкова Н.А. Использование мужского гаметофита в селекции лука репчатого на устойчивость к бактериозу. Методические указания по селекции и семеноводству луковых культур. М., 1997. С. 28-31.
26. Ravikumar R.L., Chaitra G.N., Anilkumar M., Choukimath C.D. Gametophytic selection for wilt resistance and its impact on the segregation of wilt resistance alleles in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*. 2013;(189):173-181. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0745-6>
27. Ravikumar R.L., Chikkodi S.B. Association between sporophytic reaction to *Alternaria helianthi* and gametophytic tolerance to pathogen culture filtrate in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*. 1998;(103):173–180.
28. Балашова Н.Н., Игнатов А.Н., Самохвалов А.Н., Рогачев Ю.Б., Шмыкова Н.А. Жизнеспособность микрогаметофита белокочанной капусты под влиянием возбудителей бактериозов и килы. *Сельскохозяйственная биология*. 1995;(5):115-118.
29. Буренин В.И., Пивоварова Н.С., Власова Э.А. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов. Ленинград: ВНИИР им. Вавилова; 1989. 88 с.
30. Самохвалов А.Н. Методы селекции овощных растений на устойчивость к болезням. Москва: АО «Моспромстройматериалы»; 1997. 206 с.
31. Тихонова Т.О., Козарь Е.Г., Енгальчева И.А., Степанов В.А. Скрининг коллекционных образцов моркови столовой и поиск источников устойчивости к белой гнили. *Таврический вестник аграрной науки*. 2023;36(4):159–173. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10280831> <https://elibrary.ru/kjnhps>
32. Козарь Е.Г., Фёдорова М.И., Ветрова С.А., Заячковский В.А., Степанов В.А. Оценка функциональных параметров микрогаметофита инбредных растений свеклы столовой (методические рекомендации). Москва: ООО «Полиграф Плюс». 2017. 34 с.
33. Данвелл Д.М., Бутенко Р.Г. Культура гаплоидных клеток. Биотехнология растений: культура клеток. М.: Агропромиздат. 1989. С. 33-51.

• References

- Vetrova S.A., Vjurtts T.S., Zayachkovskaya T.V., Stepanov V.A. Current state of the vegetable root crop market in the Russian Federation and ways to solve the problem of food security. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):16-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-16-22> <https://elibrary.ru/frzyol>
- Engalycheva I.A., Kozar E.G., Stepanov V.A., Sirota S.M., Soldatenko A.V. Resistance of carrots to diseases as a factor of increasing production profitability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(650):012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012054> <https://elibrary.ru/flstsz>
- McGrath J.M., Panella L. Sugar Beet Breeding. In: Goldman I. *Plant Breeding Reviews*. 2018;(42):167-218. <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch5>
- Slovareva O.Yu. Bacteria that prevent the export of Russian grain. *Plant health and quarantine*. 2024;S2-1(18):22. <https://elibrary.ru/hwzkyy> (In Russ.)
- Berge O., Monteil C. L., Bartoli C., et al. A user's guide to a data base of the diversity of *Pseudomonas syringae* and its application to classifying strains in this phylogenetic complex. *PLoS ONE*. 2014;9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105547>
- Engalycheva I.A., Kozar' E.G., Antoshkin A.A., Ignatov A.N., Frolova S.L. Pathogenicity of pseudomonas syringae dc3000 on green beans and identification of resistance sources. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2024;38(10):40-46. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_10_40 <https://elibrary.ru/fobipn>
- Morris C.E., Kinkel L.L., Xiao K., et al. Surprising niche for the plant pathogen *Pseudomonas syringae*. *Infection, Genetics and Evolution*. 2007;7(1):84–92. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2006.05.002>
- Xin X.-F., Kvitko B., Yang He Sh. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen. *Nature reviews. Microbiology*. 2018;16(5):316–328. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.17>
- Peturenko M.Y., Bezler N.V., Hussein A.S. Screening of pseudomonas bacteria associated with beta vulgaris l. for signs of pathogenicity and SYRB and HRPZ genes encoding them. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2020;34(1):16–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10103> <https://elibrary.ru/qqyqzr>
- Lelliott R.A., Billing E., Hayward A.C. A Determinative Scheme for the Fluorescent Plant Pathogenic Pseudomonads. *Journal of Applied Bacteriology*. 1966;29(3):470–489. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1966.tb03499.x>
- Morris C., Glaux C., Latour X., Gardan L., Samson R., Pitrat M. The relationship of host range, physiology, and genotype to virulence on cantaloupe in *Pseudomonas syringae* from cantaloupe blight epidemics in France. *Phytopathology*. 2000;90(6):636–646. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.6.636>
- Nikolić I., Stanković S., Dimkić I., Berić T., Stojšin V., Janse

- J., Popović T. Genetic diversity and pathogenicity of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* isolated from sugar beet. *Plant Pathology*. 2018;67(5):1194-1207. <https://doi.org/10.1111/ppa.12831>
13. Sedighian N., Shams-Bakhsh M., Osdaghi E., Khodaygan P. Etiology and host range of bacterial leaf blight and necrosis of squash and muskmelon in Iran. *Journal of Plant Pathology*. 2014;96(3):507–514. <https://doi.org/10.4454/jpp.v96i3.3201>
14. Ignatov A.N., Panycheva Yu.S., Voronina M.V., Gresis V.O., Pakina E.N. Leaf scorch and root rot of sugar beets caused by *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* in the Russian Federation. *Sakhar*. 2018;(7):14-17. (In Russ.) <https://elibrary.ru/xwfgmx>
15. Janse J.D. A leaf spot disease of sugar beet, caused by *Pseudomonas syringae*. *Gewasbescherming*. 1979;(10):121–125.
16. Lazarev A.M., Popov F.A. Bacterial diseases of beet. *Plant protection and quarantine*. 2014;(12):27-29. (In Russ.) <https://elibrary.ru/szgeyh>
17. Selivanova G.A. Diseases of sugar beet in the conditions of growing technology intensification of culture. *Zemledelie*. 2013;(4):31–35. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qctijz>
18. Panycheva Yu. S., Voronina M. V., Gresis V. O., Ignatov A. N. Bacterial diseases of sugar beet in the Russian Federation: distribution and harmfulness. *Sakhar*. 2017;(11):2–6. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zxmdnn>
19. Vetrova S.A., Kozar' E.G., Mukhina K.S., Zayachkovsky V.A. Pathogenicity of moscow isolate of *Pseudomonas syringae* pv. *aptata* in relation to red beet crop. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2024;37(10):63-69. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_10_63 <https://elibrary.ru/ohbhia>
20. Sowmya H.H., Sumalatha G.M., Showkath Babu B.M., Supriya S.M., Ramya V., Kamatar M.Y. Pollen selection for selection of genotypes against different stress environments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(1):3046-3049. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1756844>
21. Jourden C., Simmonneaux D., Renard M. Selection of pollen for linolenic acid content in rapeseed *Brassica napus* L. *Plant Breeding*. 1996;115(1):11–15. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00863.x>
22. Kilchevsky A.V., Antropenko N.Yu., Pugacheva I.G. Study of correlation links between tomato sporophyte and gametophyte traits in diallelic crosses. Current state and prospects for development of vegetable crop breeding and seed production. Moscow: VNIISOK; 2005. 20 p. (In Russ.)
23. Ottaviano E., Sari-Gorla M. Gametophytic and sporophytic selection. *Plant Breeding. Principles and Prospects*. 1993. P. 333–352.
24. Ravikumar R.L., Patil B.S., Soregaon C.D. et al. Genetic evidence for gametophytic selection of wilt resistant alleles in chickpea. *Theor Appl Genet*. 2007;(114):619–625. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0462-4>
25. Agafonov A.F. Shmykova N.A. Use of male gametophyte in selection of onions for resistance to bacteriosis. Methodological guidelines for breeding and seed production of onion crops. M.: 1997. P. 28-31. (In Russ.)
26. Ravikumar R.L., Chaitra G.N., Anilkumar M., Choukimath C.D. Gametophytic selection for wilt resistance and its impact on the segregation of wilt resistance alleles in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*. 2013;(189):173-181. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0745-6>
27. Ravikumar R.L., Chikkodi S.B. Association between sporophytic reaction to *Alternaria helianthi* and gametophytic tolerance to pathogen culture filtrate in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica*. 1998;(103):173–180.
28. Balashova N.N., Ignatov A.N., Samohvalov A.N., Rogachev Yu.B., Shmykova N.A. Viability of white cabbage microgametophyte under the influence of bacteriosis and cotyledon pathogens. *Agricultural Biology*. 1995;(5):115-118. (In Russ.)
29. Burenin V. I., Pivovarova N. S., Vlasova E. A. Methodical instructions for the study and maintenance of the world collection of root crops. Leningrad: Vavilov Research Institute of Root Crops; 1989. 88 p. (In Russ.)
30. Samokhvalov A.N. Methods of selection vegetable plants for resistance to diseases. Moscow: JSC Mospromstroyaterialy; 1997. 206 p. (In Russ.)
31. Tikhonova T.O., Kozar' E.G., Engalycheva I.A., Stepanov V.A. Screening of collection samples of table carrots and search for sources of resistance to white rot. *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki*. 2023;36(4):159–173. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10280831> <https://elibrary.ru/kjnhrs>
32. Kozar E.G., Fedorova M.I., Vetrova S.A., Zayachkovsky V.A., Stepanov V.A. Evaluation of functional parameters of the microgametophyte of inbred beet plants (methodological recommendations). Moscow: OOO Poligraf Plus»; 2017. 34 p. (In Russ.)
33. Dunwell D.M., Butenko R.G. Culture of haploid cells. Plant biotechnology: cell culture. Moscow: Agropromizdat; 1989. P.33-51. (In Russ.)

Об авторах:

Светлана Александровна Ветрова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <http://orcid.org/0000-0002-9897-0413>, SPIN-код: 9887-1667, автор для переписки, lana-k2201@mail.ru

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

Ксения Сергеевна Мухина – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-7407-4139>, SPIN-код: 1103-3413, kseniyamukhina@yandex.ru

Ирина Александровна Енгальчева – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>, SPIN-код: 2084-2830, engirina1980@mail.ru

About the Authors:

Svetlana A. Vetrova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory Molecular Immunological Research, <http://orcid.org/0000-0002-9897-0413>, SPIN-code: 9887-1667, Corresponding Author, lana-k2201@mail.ru

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

Kseniya S. Muhina – Junior Researcher of the Laboratory Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0002-7407-4139>, SPIN-code: 1103-3413, kseniyamukhina@yandex.ru

Irina A. Engalycheva – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>, SPIN-code: 2084-2830, engirina1980@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>
УДК: 634.232:631.674

Н.Н. Дубенок, С.А. Гжибовский*, А.В. Гемонов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Автор для переписки: gzhibowsky@ya.ru

Вклад авторов: Дубенок Н.Н.: научное руководство исследованиями. Гжибовский С.А.: проведение исследований, написание – подготовка черновика рукописи. Гемонов А.В.: подготовка исследований, редактирование рукописи.

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

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Гжибовский С.А., Гемонов А.В. Исследования режимов работы комбинированной системы капельного полива с аэрозольным орошением для возделывания черешневого сада. *Овощи России*. 2024;(6):128-136. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>

Поступила в редакцию: 30.08.2024

Принята к печати: 14.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Nikolay N. Dubenok, Sergey A. Gzhibovsky*, Alexander V. Gemonov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy" 49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russia, 127434

*Correspondence Author: gzhibowsky@ya.ru

Authors' Contribution: N.N. Dubenok: study supervision, methodology, conceptualization, writing and editing the manuscript. Gzhibovsky S.A.: conducting the research, writing – preparation of the draft manuscript. A.V. Gemonov: conceptualization, writing and editing of the manuscript.

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

For citation: Dubenok N.N., Gzhibovsky S.A., Gemonov A.V. Research of the operating modes of a combined drip irrigation system with aerosol irrigation for cultivating a cherry orchard. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):128-136. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>

Received: 30.08.2024

Accepted for publication: 14.10.2024

Published: 29.11.2024

Исследования режимов работы комбинированной системы капельного полива с аэрозольным орошением для возделывания черешневого сада

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Орошение сельскохозяйственных культур играет ключевую роль не только в повышении урожайности этих культур, но и его сохранении, особенно в условиях стрессовых температур. Одним из эффективных методов водосбережения при орошении является капельный полив. Технология капельного полива позволяет точно дозировать воду, учитывая потребности конкретных культур и сохраняя оптимальный уровень влажности почвы. Важно отметить, что эта технология способствует экономии воды и снижению риска переувлажнения почвы. Помимо капельного полива, существует также и аэрозольное орошение. Эта технология полива позволяют более эффективно использовать водные ресурсы и обеспечивают оптимальные условия приземного слоя воздуха для роста и развития растений в условиях стрессовых температур.

Методика исследований. Цели исследования заключаются в изучении технологий и технических средства полива молодого черешневого сада, для поддержания оптимальных режимов за счёт применения капельного полива с аэрозольным орошением в Центральной части Нечернозёмной зоны России. При проведении исследований производился анализ двух факторов: изучение воздействия различных способов полива и объемов увлажнений на формирование деревьев сортов «Гостинец» и «Жуковская» черешни.

Результаты. Полевой опыт проводится на территории ООО «Коломенская ягода» в Московской области. Проведенные исследования показали, что выбранный способ полива с использованием комбинированной системы орошения на дерново-подзолистых почвах в центральной части Нечернозёмной зоны России для выращивания молодого сада черешневого сада сортов черешни «Гостинец» и «Жуковская» соответствует критериям экологической безопасности и экономической эффективности.

Заключение. С точки зрения рентабельности наиболее эффективно выращивать молодой черешневый сад при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы в пределах 80–100 % наименьшей влагёмкости и относительной влажности приземного слоя воздуха в диапазоне 55–70 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

орошение, капельный полив, аэрозольное увлажнение, черешня, водопотребление

Check for updates



Research of the operating modes of a combined drip irrigation system with aerosol irrigation for cultivating a cherry orchard

ABSTRACT

Relevance. Irrigation of agricultural crops plays a key role not only in increasing the yield of these crops, but also in preserving it, especially under stressful temperature conditions. One of the effective methods of water conservation during irrigation is drip irrigation. Drip irrigation technology allows you to accurately dose water, taking into account the needs of specific crops and maintaining an optimal level of soil moisture. It is important to note that this technology helps save water and reduce the risk of soil overmoistening. In addition to drip irrigation, there is also aerosol irrigation. This irrigation technology allows more efficient use of water resources and provides optimal conditions for the ground air layer for the growth and development of plants under stressful temperature conditions.

Methods. The objectives of the study are to study the technologies and technical means of irrigation of a young cherry orchard to maintain optimal modes through the use of drip irrigation with aerosol irrigation in the Central part of the Non-Chernozem zone of Russia. During the research, two factors were analyzed: studying the impact of various irrigation methods and moistening volumes on the formation of trees of the Gostinets and Zhukovskaya varieties of sweet cherry.

Results. The field experiment is conducted on the territory of «Kolomenskaya Yagoda» LLC in the Moscow Region. The conducted studies have shown that the selected irrigation method using a combined irrigation system on sod-podzolic soils in the central part of the Non-Chernozem zone of Russia for growing a young cherry orchard of the Gostinets and Zhukovskaya cherry varieties meets the criteria of environmental safety and economic efficiency.

Conclusion. From the point of view of profitability, it is most effective to grow a young cherry orchard by maintaining humidity in the root zone of the soil within 80-100% of the lowest moisture capacity and relative humidity of the ground air layer in the range of 55-70%.

KEYWORDS:

irrigation, drip irrigation, aerosol humidification, cherries, water consumption

Введение

Развитие орошения является одним из главных факторов, обеспечивающим устойчивое социально-экономическое развитие и повышение продовольственной безопасности, за счёт: увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости производства сельскохозяйственной продукции, снижения экономических рисков, связанных с потерями урожая из-за засухи; увеличение базы налогообложения за счёт роста объёмов производства в агропромышленном комплексе; создание новых высокотехнологичных рабочих мест, повышение образовательного и культурного уровня сельского населения, развитие инфраструктуры и благоустройство населённых пунктов [1, 2].

В сложившихся условиях очень важно способствовать развитию производства и внедрению новой оросительной техники отечественного производства, соответствующей по своим технико-эксплуатационным и эколого-экономическим характеристикам 4-5-му поколению оросительной техники.

Современные разработки технических средств по способам полива не исключают друг друга, а адаптируют полив под те или иные климатические, технические, технологические, природно-хозяйственные условия производства и экономические возможности сельхозтоваропроизводителей. Каждый способ орошения рассчитан на увеличение продуктивности поливных площадей, но в равных условиях приоритет отдаётся более эффективному способу. Одним из наиболее эффективных способов орошения является капельное орошение.

Капельное орошение может применяться в различных по климатическим условиям районах, как с влаж-

ным, так и с аридным климатом, где экономическими расчётами будет подтверждена целесообразность применения орошения с учётом преимуществ и недостатков данного способа орошения [3].

Орошение является одним из важных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а в период стрессовых температур применение аэрозольного увлажнения – практически единственный вид мелиораций, обеспечивающий сохранение урожая.

К водосберегающим технологиям орошения относят такие способы как: капельное орошение, аэрозольное увлажнение и д.р. Особенностью капельного орошения является возможность проводить поливы в соответствии с биологическими особенностями водопотребления орошаемых сельскохозяйственных и плодовых культур и поддерживать влажность почвы в узко заданном оптимальном диапазоне [4, 5].

Эффективность различных способов и устройств формирования микроклимата при орошении и снятия температурного и водного стресса подвергается различной оценке. Стационарные системы, используемые комбинированный способ полива – капельный полив и аэрозольное орошение, этот способ считается наиболее разработанными и перспективными. Норма увлажнения при аэрозольном орошении, включает в себя объём воды, задерживаемый растительным покровом – листьями, объём воды, необходимый для преодоления водного дефицита у растений, и объём воды, направляемый на увлажнение верхнего слоя почвы [16].

Методика исследования

Опыт возделывания черешневого сада с применением комбинированной системы орошения на примере

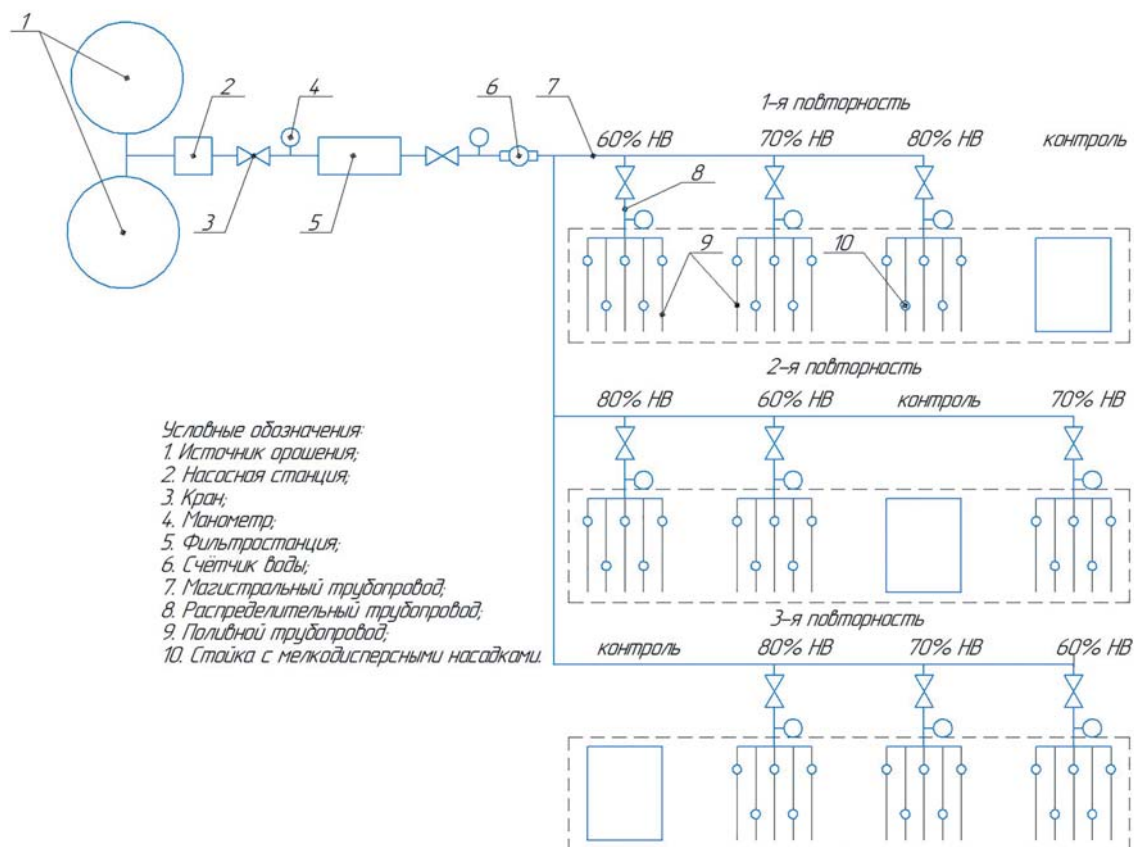


Рис. 1. Схема постановки двухфакторного опыта
 Fig. 1. Scheme for setting up a two-factor experiment

сортов «Гостинец» и «Жуковская» показал, что эти сады с их неглубокой корневой системой хорошо реагируют на постоянное поддержание оптимальных водных, воздушных и питательных режимов почвы. Создание и поддержание таких режимов обеспечивают за счёт применения орошения в т. ч. капельного орошения и аэрозольного увлажнения. Также стоит отметить, что черешня – очень требовательна к почве плодовая культура. Она не переносит почвы по механическому составу плотные, засоленные, с высоким содержанием извести. Наилучшим для её культивирования является легкие супесчаные почвы по механическому составу, с хорошим дренажем, проницаемые для влаги и воздуха, хорошо прогреваемые и умеренно влажные [7].

На основе проведённых исследований разработанные конструктивные особенности комбинированной система капельного орошения с аэрозольным увлажнением обеспечивают следующие показатели, такие как: обеспечение оптимальной влажности почвы за счет применение капельного орошения, регулирование фитоклимата в периоды стрессовых температур, обеспечение многорежимной работы комбинированной системы – работа системы отдельно для капельного полива, работа системы для использования аэрозольного увлажнения, работа системы в комбинированном режиме – одновременно капельный полив и аэрозольное увлажнение, режим работы аэрозольного увлажнения обеспечивает разовую норму увлажнения в диапазоне 540 л/га, при этом диаметр капель в аэрозольном облаке не превышает 600 мкм., при работе комбинированной системы в

режиме аэрозольного увлажнения при температуре более 28°C и относительной влажности воздуха менее 40% обеспечивает максимальное число увлажнений, комбинированная система орошения позволяет экономно расходовать поливную норму [8,9].

Исследование для полевого опыта выбрано как двухфакторное: оно включает изучение влияние различных объёмов увлажнений и способов полива на формирование деревьев черешни сорта «Гостинец» и «Жуковская» [10].

Проводимые опыты осуществлялись на опытном участке, который находится на землях ООО «Коломенская ягода» Коломенского района Московской области, расположенном в центральной части района в 15 км. от города Коломна. Коломенский район расположен к юго-западу от города Москвы, в бассейне рек Москва и Ока. Участок проведения опытных исследований характеризуется дерново-среднеподзолистой почвой, среднесуглинистой по механическому составу. Почвообразующие породы – древнеаллювиальные отложения: средние светло-коричневые и буровато-коричневые суглинки. Основой для планирования и расчетов оросительных норм является водно-физические свойства почвы. Для ирригационной характеристики орошаемого участка особую важность имеют: гранулометрический состав почвы, плотность, плотность твёрдой фазы, водопроницаемость и наименьшая влагоёмкость почвы, максимальная гигроскопичность и влажность завядания растений [11, 12].

Механический состав и водно-физические свойства представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Описание механического состава профиля почвы на участке исследований
Table 1. Description of the mechanical composition of the soil profile at the research site

Генетический горизонт	Глубина, см	Фракции, мм							
		0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,0001	0,001	0,01	0,01
		Фракции, %							
An	0-15	1,4	18,7	48,2	9,1	9,1	13,1	68,3	31,3
B1	41-50	0,7	28,6	48,2	6,5	6,2	9,7	77,5	22,4
C	150-160	0,6	17,2	17,3	5,2	6,0	25,7	35,1	37,7

Таблица 2. Водно-физические свойства профиля почв на участке исследований
Table 2. Water-physical properties of the soil profile at the research site

Генетический горизонт	Глубина, см	Объёмная масса, г/см³	Удельная масса, г/см³	НВ, %	Влажность почвы, % от объёма почвы	Порозность почвы, % от объёма почвы
An	0-25	1,36	2,70	23,3	15,7	48
AnB1	25-80	1,37	2,62	21,1	18,6	48
B2	80-110	1,55	2,67	21,9	21,6	40
B2	110-140	1,63	2,64	21,4	-	39

Для характеристики почвы участка было заложено три почвенных разреза. При описании почвенных разрезов были определены мощность и свойства генетических горизонтов. В основном, пахотный горизонт (А) имеет мощность 25–27 см. За пахотным горизонтом расположен переходный горизонт к иллювиальному (А₂В) – мощностью 5–12 см. Переход к иллювиальному горизонту постепенный. Иллювиальный горизонт (В₁) мощностью 21–38 см, по механическому составу – среднесуглинистый. Переход к горизонту В₂ – постепенный. В₂ – мощностью 57–60 см, по механическому составу – тяжёлый суглинок. Горизонт С – расположен на глубине 117–130 см.

По результатам описания – почву участка можно отнести к дерново-подзолистой, среднесуглинистой на тяжёлом покровном суглинке. Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 10–15 мг на

100 г почвы, калия (по Масловой) 12–17 мг на 100 г почвы [13].

Климат на опытном участке исследований отличается умеренной континентальностью в значительной степени зависящем от влияния северо-западных ветров. Подзона на котором расположен опытный участок относится к южно-таёжной умеренно тёплой, характеризующейся неустойчивой влажностью. Наряду с избыточно влажными периодами одинаково вероятны и засушливые периоды. Поэтому для этой подзоны имеют большое значение инженерные мероприятия компенсации недостатка воды или отводу её избытка.

За годы проведения исследований проводился анализ факторов, влияющих на рост и развитие черешни сорта «Гостинец» и «Жуковская». Учитывались суммы выпавших осадков, среднемесячные температуры воздуха. Использовались дан-

Таблица 3. Основные показатели тепло- и влагообеспеченности агроклиматических района опытного участка
Table 3. Main indicators of heat and moisture supply in the agroclimatic region of the experimental site

Район	Период с температурой воздуха выше +10°C			Сумма температур за период с t>10°C	Осадки за период с t>10°C, мм
	начало	окончание	продолжительность, дней		
I	11.V	15.IX	128	1800-1900	300
II	6.V	15.IX	133	1900-2100	270
III	6.V	20.IX	138	2100-2200	250

Таблица 4. Средние многолетние величины суммарного испарения по месяцам и за год, мм
Table 4. Average long-term values of evapotranspiration by month and year, mm

январь		февраль		март		апрель		май		июнь		
мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
2,0	0,5	3,0	0,7	7,0	1,6	49,0	11,3	70,0	16,1	84,0	19,3	
июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		год
79,0	18,2	60,0	13,8	34,0	7,8	24,0	5,5	22,5	5,1	0,5	0,1	435

Таблица 5. Сравнительная характеристика вегетационного периода черешневого сада (май-сентябрь) со среднемноголетними показателями
Table 5. Comparative characteristics of the growing season of the cherry orchard (May-September) with average long-term indicators

Годы	Осадки		Температура воздуха	
	сумма, мм	обеспеченность, %	среднее значение, °C	обеспеченность, %
Среднемноголетний показатель (74 лет)	433	100	16,9	100
2021	869	<5%	15,0	88,8
2022	732	<5%	17,4	103,0
2023	848	<5%	16,2	95,87

Таблица 6. Характеристика температурного режима воздуха в годы исследований
Table 6. Characteristics of air temperature during the years of research

Месяцы	Среднегодовое, °С	2021		2022		2023	
		°С	% от нормы	°С	% от нормы	°С	% от нормы
Апрель	3,7	5,8	156,8	7,4	200,0	7,4	200,0
Май	11,7	10,9	93,2	16,1	137,6	16,2	138,5
Июнь	15,4	14,8	96,1	17,1	111,0	19,5	126,6
Июль	17,6	17,9	101,7	20,4	115,9	16,9	96,0
Август	15,8	18,5	117,1	19,1	120,9	16,3	103,2
Сентябрь	10,5	12,7	121,0	14,2	135,2	12,1	115,2

Таблица 7. Распределение атмосферных осадков за годы исследований, мм
Table 7. Distribution of atmospheric precipitation over the years of research, mm

Месяцы	Среднегодовое показатель	Годы исследований		
		2021	2022	2023
Апрель	30,0	12	15	15
Май	50,0	14	18	32
Июнь	65,0	18	9	22
Июль	80,0	29	19	8
Август	70,0	29	7	19
Сентябрь	55,0	10	10	5

ные, полученные с метеопоста г. Коломны. Сравнительная характеристика вегетационного периода черешневого сада со среднегодовыми показателями представлена в таблице 5.

Анализ погодных условий проведения опытов показывает, что по обеспеченности гидротермическими факторами вегетационный период исследований характеризуется следующим образом: 2021 год: $K_y=2,34$ – тёплый и влажный, 2022 год: $K_y=2,03$ – жаркий и влажный, 2023 год: $K_y=2,38$ – умеренно жаркий и влажный [14].

Динамика изменения среднемесячных температур за отчётный период исследований по сравнению со среднегодовыми показателями представлена в таблице 6.

Сравнение данных суммы и распределения осадков за годы исследований по месяцам вегетационного периода представлены в таблице 7.

Одним из важных условий реализации технологий аэрозольного увлажнения является ветровой режим на опытном участке исследований. Наблюдения, проведенные за три года исследований в ООО «Коломенская ягода», показали, что в летний период в жаркое время суток ориентировочно с 12 до 16 часов скорость ветра изменяется от 0,9 м/с до 1,9 м/с. Максимальная скорость ветра в течение вегетационного периода не превышала 3,3 м/с. Основное направление ветра в течение

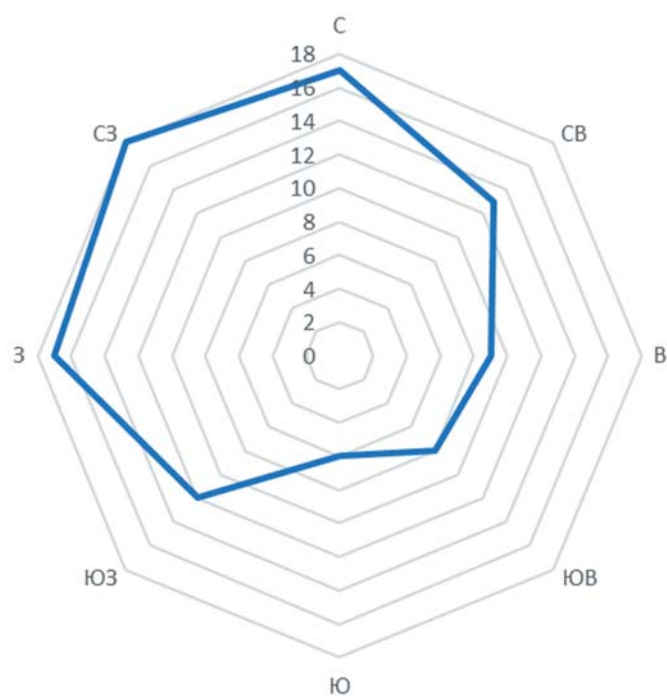


Рис. 2. Направление ветра на опытном участке
Fig. 2. Wind direction at the experimental site

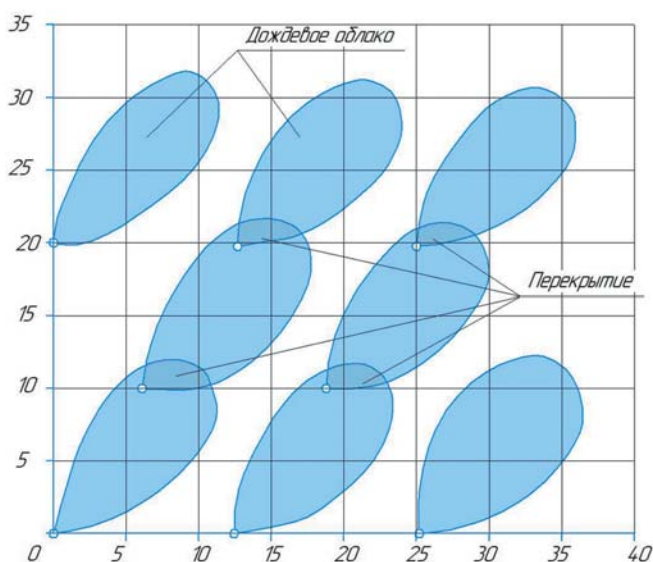


Рис. 3. Форма и размер видимого аэрозольного увлажнения при скорости ветра 2–3,2 м/с
Fig. 3. Shape and size of visible aerosol humidification at wind speeds of 2–3.2 m/s

ние всего дня может меняться в данном районе с юго-восточного направления на северо-западное направление.

За основу режима водоподдачи аэрозольного увлажнения в опыт принята малоинтенсивная водоподдача в жаркое время суток, при относительной влажности воздуха ниже 45% и полностью компенсирующая испарение за прошедшие сутки. При проведении исследований были приняты следующие варианты опыта: вариант 1 – аэрозольное увлажнение поливной нормой, равной количеству испарившейся воды за прошедшие сутки, вариант 2 – комбинированный полив – капельное орошение с применением аэрозольного увлажнения, вариант 3 – без орошения (контроль). Повторность опыта – трехкратная.

В исследовании оценивались такие параметры аэрозольного увлажнения, как величина суточной поливной нормы, продолжительность и сроки полива, равномерность распределения аэрозольного облака, его интенсивность, размер капель и контуры участка смачивания поверхности одной насадкой. Также проводились наблюдения за температурой и влажностью воздуха в приземном слое и кроне молодых деревьев черешни, а также температурой листовой поверхности. Температуру листовой поверхности измеряли инфракрасным термометром в часы наибольшей солнечной активности. Измерение проводилось каждые полчаса на всей кроне с верхней стороны листа в 13 точках, равномерно распределённых по площади опытного участка. В каждой точке измеряли температуру у пяти листьев. Включение полива с аэрозольным увлажнением осуществлялось в жаркие солнечные дни при температуре воздуха выше +25°C. Поливная норма определялась исходя из изменения параметров фотоклимата. Также учитывались осадки, испарение в воздухе и снос воды за пределы участка во время полива. Подача воды на опытный участок контролировалась счётчиками-водомерами и дождемерами, установленными на раз-

ных участках эксперимента. Равномерность распределения осадков и интенсивность дождя определялись согласно методике, разработанной ФГБНУ ВНИИ «Радуга».

Контуры смачивания аэрозольным увлажнением измерялись следующим образом: на участке выбирались два дождевателя, работающие без перекрытия, а остальные отключались. Ширина распределения дождевого облака измерялась на разном расстоянии от мачты с шагом в один метр, и по результатам замеров в масштабе с использованием компьютерных программ строился контур его распространения. В ходе эксперимента каждые 10 минут измерялась скорость ветра и определялось его направление [15].

Результаты исследования показали, что равномерность распределения слоя осадков зависит от скорости ветра. Наибольшая равномерность достигается, когда направление ветра часто меняется. При неизменном направлении ветра лучшее распределение наблюдается при скорости ветра более 3,2 м/с.

При поливе с помощью аэрозольного орошения относительная влажность воздуха поддерживалась в диапазоне от 55 до 70%. Полив проводился не более 5–6 минут, как только относительная влажность приземного слоя воздуха в кроне молодых деревьев черешни опускалась ниже 40%. Поливная норма составляла 0,48 л/с на одном варианте опыта, работали 8 мачт. За весь период проведения опыта оросительная норма составила порядка 290 м³/ч.

Дождевое облако из капель среднего диаметра, не превышающего 400 мкм, формируется при использовании мелкодисперсного орошения. В период жарких месяцев, при сильном ветре, увеличивается потеря влаги за счет ее испарения и переноса ветром, что может достигать 30–40%. Капли крупнее – до 600 мкм обладают более высокой силой поверхностного натяжения, большей массой и устойчивы к испарению и переносу ветром. С учетом вышеперечисленного выбор мелкодисперсных насадок для создания дождевого облака при комбинированном способе орошения становится важной задачей, требующей особого подхода [16].

Необходимо помнить, что состояние листовой поверхности молодых деревьев напрямую зависит от условий выращивания, уровня освещенности, а также доступности питательных веществ. Поэтому важно создать оптимальные условия для развития листьев, чтобы обеспечить растению необходимые ресурсы для роста и развития.

Средние значения площади листовой поверхности молодых деревьев черешни сортов «Жуковская» и «Гостинец» при различных режимах орошения представлены в таблице 8.

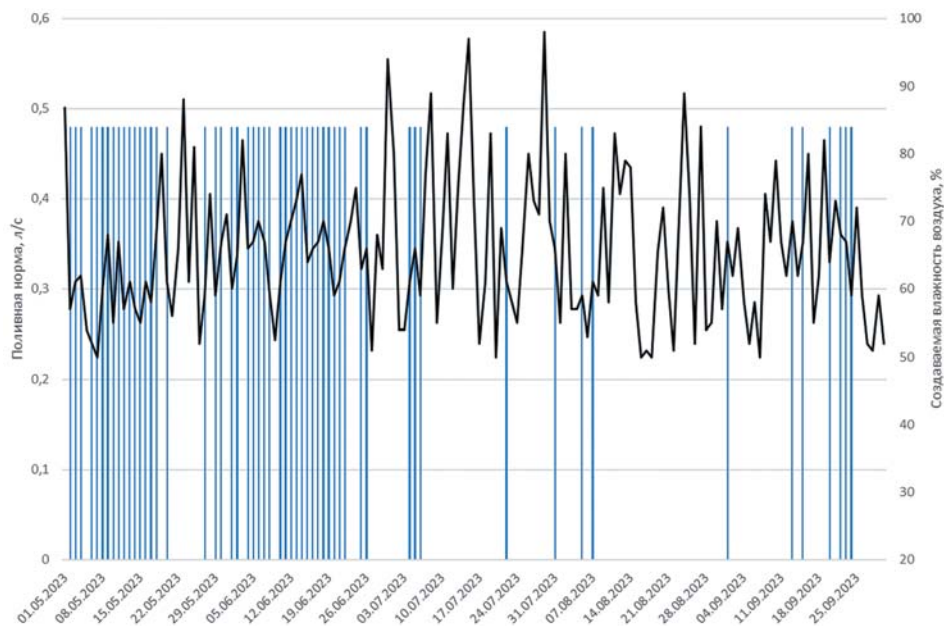


Рис. 4. Динамика изменения относительной влажности приземного слоя воздуха в зависимости от поливной нормы аэрозольного увлажнения
Fig. 4. Dynamics of changes in the relative humidity of the surface layer of air depending on the irrigation rate of aerosol humidification

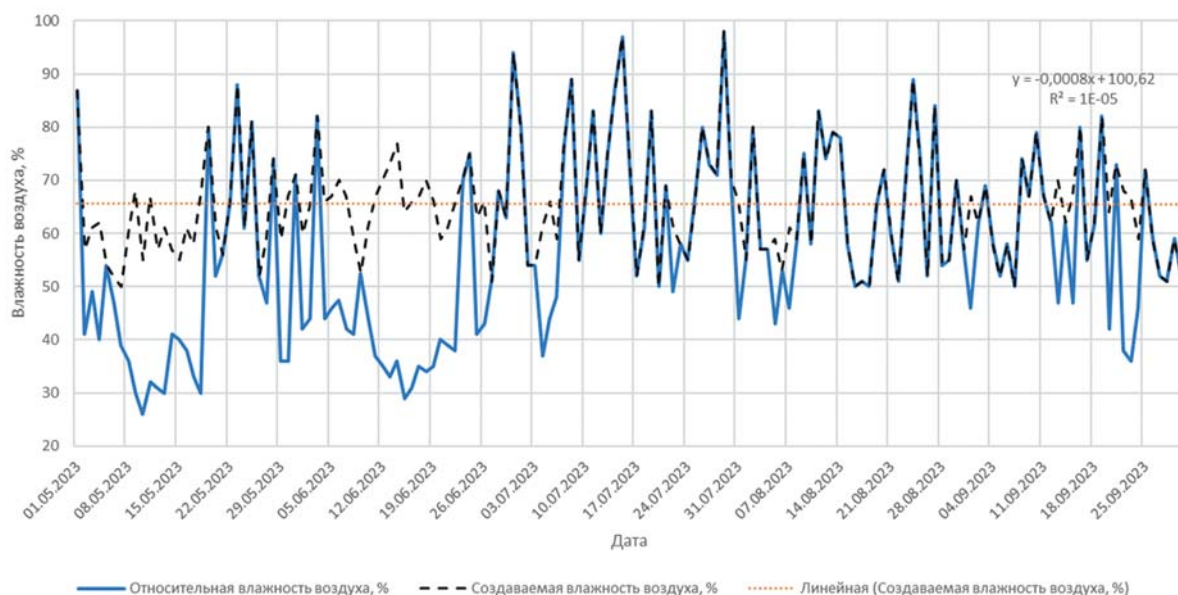


Рис. 5. Динамика изменения относительной влажности воздуха и создаваемой влажности воздуха в приземном слое на опытном участке
Fig. 5. Dynamics of changes in relative air humidity and created air humidity in the ground layer at the experimental site

Таблица 8. Площадь листовой поверхности по вариантам опыта
Table 8. Leaf surface area according to experimental options

Режим орошения	Сорт	Средняя по варианту, см²
60-80% НВ	Гостинец	5 391
	Жуковская	5 111
70-90% НВ	Гостинец	5 415
	Жуковская	5 219
80-100% НВ	Гостинец	5 549
	Жуковская	5 487
Контроль (без орошения)	Гостинец	5 238
	Жуковская	4 909
НСП ₀₅		268

Наибольшую площадь листовой поверхности имеют деревья сорта «Гостинец». У деревьев сорта «Гостинец» площадь листовой поверхности в среднем на 4 % больше, чем у сорта «Жуковская». Максимальная площадь листовой поверхности наблюдалась в третьем варианте опыта, где влажность почвы поддерживалась на уровне 80–100 % от наименьшей влагоёмкости (НВ). Минимальная площадь была зафиксирована в четвёртом варианте без орошения.

Для деревьев сорта «Гостинец» значение площади листовой поверхности на I варианте опыта (60-70% НВ) больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 153 см² (2,8%), на II варианте опыта при 70-90% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 177 см² (3,3%), на III варианте опыта при 80-100% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 311 см² (5,6%). Для деревьев сорта «Жуковская» значения высот на I варианте опыта (60-70% НВ) больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 202 см² (4%), на II варианте опыта при 70-90% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 310 см² (5,9%), на III варианте опыта при 80-100% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 578 см (10,5%). При проведении поливов на III варианте опыта при 80-100% НВ наблюдается наибольшее значение площади листовой поверхности у обоих сортов черешни.

Заключение

Дальнейшие исследования в области создания комбинированной системы полива с использованием капельного полива и аэрозольного увлажнения позволят сочетать увлажняющие и орошающие поливы. Это даст возможность гибко регулировать условия для

оптимального роста сельскохозяйственных растений и увеличить их урожайность.

Показатели молодых деревьев черешни, такие как диаметр штамба, высота, годичный прирост по высоте, площадь листовой поверхности и объём корневой системы, указывают на то, что оптимальные условия для их развития находятся на варианте опыта в диапазоне 80% НВ. Благодаря этому достигается постоянное и равномерное увлажнение почвы, что приводит к отсутствию резких колебаний роста, как на участке без орошения.

Систематическое проведение поливов малыми нормами при капельном орошении и использование аэрозольного увлажнения в комбинированной системе орошения позволили поддерживать заданные уровни влажности почвы и относительной влажности приземного слоя воздуха [17]. Это снизило негативное влияние стрессовых условий, вызванных колебаниями влажности почвы и влажности воздуха, а также периодами стрессовых температур и естественного увлажнения.

Способ полива с использованием комбинированной системы орошения на дерново-подзолистых почвах в центральной части Нечернозёмной зоны России для выращивания черешни сортов «Гостинец» и «Жуковская» соответствует критериям экологической безопасности и экономической эффективности. Экономия воды при таком методе составляет 2,2–3,4 раза по сравнению с дождеванием. С точки зрения рентабельности наиболее эффективно выращивать молодых деревьев черешневого сада при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы на варианте опыта 80% НВ и относительной влажности приземного слоя воздуха в диапазоне 55–70%.

• Литература

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.
2. Итоги реализации (2014-2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: информ. издание М.: ФГБНУ «Росинформарготех», 2018. 108 с. ISBN 978-5-7367-1446-9. <https://elibrary.ru/yukxwx>
3. Verma M.L., Thakur B.C., Bhandari A.R. Effect of drip irrigation and polyethylene mulch on yield, quality and water-use efficiency of peach cv. July Elberta. *Indian Journal of Horticulture*. 2007;4(64):406-409.
4. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Градусов В.М. Формирование саженцев сливы при капельном орошении в условиях нечерноземной зоны. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(6):23–35. <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-23-35> <https://elibrary.ru/mmyivx>
5. Hillel D., Ademola K.B., Vlek Paul L.G. *Degradation Under Irrigation*. Land Use and Soil Resources. New York, Springer, 2008. P. 101-119.
6. Овчинников А.С., Храбров М.Ю., Колесова Н.Г. Повышение эффективности комбинированных способов орошения. *Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019;1(53):231-241. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-31> <https://www.elibrary.ru/iamrjw>
7. Еремина О.В., Жуков Г.Н., Кареник В.М. Строение корневой системы сорто-подвойных комбинаций черешни в условиях орошаемого сада. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного уни-*

- верситета*. 2012;(76):838–850. <https://elibrary.ru/owtwed>
8. Грушин А.В., Терпигорев А.А., Гжибовский С.А. Проблемы развития капельного орошения. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования*. с. Солёное Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2019. С. 130-141. <https://doi.org/10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-026> <https://elibrary.ru/zcgdfz>
 9. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Водопотребление и режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур в центральном Нечерноземье. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024;(3):20-23. <https://doi.org/10.31857/S2500262724030047> <https://elibrary.ru/fvtjhg>
 10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 11. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Особенности водопотребления саженцев сливы, выращиваемых в питомнике при капельном орошении. *Плодородие*. 2020;4(115):53–56. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.15> <https://elibrary.ru/rkmmvf>
 12. Гжибовский С.А., Шумакова К.Б. Технология полива черешневого сада комбинированной системой капельного орошения с аэрозольным увлажнением. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2024;(2):30-36. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2024-2-30-36> <https://elibrary.ru/nheszb>
 13. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Ефимов О.Е., Прохоров А.А. Агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы при капельном орошении плодового

питомника. *Овощи России*. 2021;(3):116-121.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-116-121>
<https://elibrary.ru/phktew>

14. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Использование агрометеорологических данных для обоснования оросительных мелиораций саженцев плодовых и ягодных культур в центральном Нечерноземье. *Природообустройство*. 2024;(2):35-40.
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-35-40>
<https://elibrary.ru/uejdqt>

15. Гжибовский С.А. Проведение полевого опыта комбинированной системы орошения. Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. М: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. С. 51–55. <https://elibrary.ru/thgoee>

16. Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Кулявцева А.А. Эффективность дождевания при комбинированном орошении. *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2023;(2):424-431.
<https://www.elibrary.ru/suhizu>

17. Дубенок Н.Н., Калмыкова Е.С., Гемонов А.В. Особенности применения малообъемного орошения для выращивания саженцев плодовых культур в условиях различных природно-климатических зон России. *Орошаемое земледелие*. 2023;(4):7-10.
<https://doi.org/10.35809/2618-8279-2023-4-1>
<https://elibrary.ru/buazrx>

• References

1. State program for the development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets for 2013-2020. (In Russ.)
2. Results of the implementation (2014-2017) of the federal target program "Development of land reclamation of agricultural lands in Russia for 2014-2020": information. publication. M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2018. 108 p.. ISBN 978-5-7367-1446-9. (In Russ.) <https://elibrary.ru/yykxwx>
3. Verma M.L., Thakur B.C., Bhandari A.R. Effect of drip irrigation and polyethylene mulch on yield, quality and water-use efficiency of peach cv. July Elberta. *Indian Journal of Horticulture*. 2007;4(64):406-409.
4. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Gradusov V.M. Formation of plum seedlings under drip irrigation in the non-chernozem zone. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(6):23–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-23-35>
<https://elibrary.ru/mmyivx>
5. Hillel D., Ademola K.B., Vlek Paul L.G. Degradation Under Irrigation. Land Use and Soil Resources. New York, Springer, 2008. P. 101-119.
6. Ovchinnikov A.S., Khrabrov M.Yu., Kolesova N.G. Increasing the effectiveness of combined solutions. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2019;1(53):231-241. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-31>
<https://www.elibrary.ru/iamrjw>
7. Eremina O.V., Zhukov G.N., Karenik V.M. The structure of the root system of cherry variety-rootstock combinations in an irrigated orchard. *Polythematic online scientific journal of Kuban State*

Agrarian University. 2012;(76):838–850. (In Russ.)

<https://elibrary.ru/owtwed>

8. Grushin A.V., Terpigorev A.A., Grzybowski S.A. Problems of drip irrigation development. Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management. p. Solenoe Zaimishche: Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 130-141. (In Russ.) <https://doi.org/10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-026>
<https://elibrary.ru/zcgdfz>

9. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Water consumption and drip irrigation modes of fruit and berry seedlings in the central Non-Black Earth Region. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2024;(3):20-23. (In Russ.)

<https://doi.org/10.31857/S2500262724030047>

<https://elibrary.ru/fvtjhg>

10. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

11. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Features of water consumption of plum seedlings grown in a nursery with drip irrigation. *Plodorodiye* 2020;4(115):53-56. (In Russ.)

<https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.15>

<https://elibrary.ru/rkmmvf>

12. Gzhibovsky S.A., Shumakova K.B. Technology of watering a cherry orchard with a combined drip irrigation system with aerosol humidification. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. 2024;(2):30-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2024-2-30-36>

<https://elibrary.ru/nheszb>

13. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Efimov O.E., Prokhorov A.A. Agrochemical and water-physical properties of sod-podzolic soil with drip irrigation of a fruit nursery. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):116-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-116-121> <https://elibrary.ru/phktew>

14. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Using agrometeorological data to justify irrigation melioration of fruit and berry crop seedlings in the central Non-Black Earth Region. *Prirodoobustroystvo*. 2024;(2):35-40. (In Russ.)

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-35-40>

<https://elibrary.ru/uejdqt>

15. Gzhibovsky S.A. Carrying out a field experiment of a combined irrigation system. International scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 180th anniversary of the birth of K.A. Timiryazev. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023. P. 51-55. (In Russ.) <https://elibrary.ru/thgoee>

16. Akpasov, A.P., Tuktarov, R.B., Kulyavtseva, A.A. Efficiency of sprinkling in combined irrigation. *International journal of applied sciences and technology integral*. 2023;(2):424-431. (In Russ.)

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

17. Dubenok N.N., Kalmykova E.S., Gemonov A.V. Features of the use of low-volume irrigation for growing seedlings of fruit crops in various natural and climatic zones of Russia. *Irrigated agriculture*. 2023;(4):7-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2023-4-1>

<https://elibrary.ru/buazrx>

Об авторах:

Николай Николаевич Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, SPIN-код: 1856-9793, ndubenok@mail.ru

Сергей Александрович Гжибовский – аспирант кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0001-6742-2417>, SPIN-код: 4219-9236, автор для переписки, gzhibowsky@ya.ru

Александр Владимирович Гемонов – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>, SPIN-код: 3293-5840, agemonov@yandex.ru

About the Authors:

Nikolay N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, SPIN-code: 1856-9793, ndubenok@rgau-msha.ru

Sergey A. Gzhibovsky – Postgraduate Student, Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0001-6742-2417>, SPIN-code: 4219-9236, Corresponding Author, gzhibowsky@ya.ru

Alexander V. Gemonov – Cand. Sci. (Agriculture), Assistant Professor of the Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>, SPIN-code: 3293-5840, agemonov@yandex.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-137-143>
УДК: (556.551+631.42)(571.13)

Н.М. Невенчанная, М.Р. Шаяхметов,
О.Д. Шойкин*

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
644008, Россия, г. Омск,
ул. Институтская площадь, 1

*Адрес для переписки:

nm.nevenchannaya@omgau.org,
od.shoykin@omgau.org

Вклад авторов. Невенчанная Н.М.: отбор, проведение анализа химического состава солей озера Эбейты в динамике по годам исследований, обработка экспериментальных данных, написание рукописи. Шаяхметов М.Р.: написание рукописи касаясь характеристики почвенного покрова, заложение почвенных разрезов, обработка снимков в программе QGIS и данных с космического аппарата Landsat 7 во временном промежутке. Шойкин О.Д.: отбор воды, заложение почвенных разрезов вблизи озера Эбейты, описание данных, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи указывают на отсутствие финансовой поддержки/конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Благодарности. Статья опубликована по материалам III-ей Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым – научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны».

Для цитирования: Невенчанная Н.М., Шаяхметов М.Р., Шойкин О.Д. Особенности химического состава воды озера Эбейты Омской области и характеристика почвенного покрова. *Овощи России*. 2024;(6):137-143. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-137-143>

Поступила в редакцию: 19.08.2024

Принята к печати: 25.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Natalia M. Nevenchannaya,
Marat R. Shayakhmetov, Oizhas D. Shoykin*

Federal State Budgetary Educational Institution of
Higher Education
"Omsk State Agrarian University"
1, Institutskaya square St., Omsk, Russia, 644008

*Correspondence Author:

nm.nevenchannaya@omgau.org,
od.shoykin@omgau.org

Authors' Contribution: Nevenchannaya N.M.: sampling, conducting an analysis of the chemical composition of salts in Lake Ebeyty in dynamics over the years of research, processing experimental data, writing the manuscript. Shayakhmetov M.R.: writing the manuscript regarding the characteristics of the soil cover, laying out soil profiles, processing images in the QGIS program and data from the Landsat 7 spacecraft in the time interval. Shoykin O.D.: water sampling, laying out soil profiles near Lake Ebeyty, describing the data, editing the manuscript.

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

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the III International scientific-practical conference "Near N.I. Vavilov – scientific schools of Russia on ensuring food and ecological security".

For citation: Nevenchannaya N.M., Shayakhmetov M.R., Shoykin O.D. Features of the chemical composition of water in lake Ebeyty Omsk region and characteristics of soil cover. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):137-143. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-137-143>

Received: 19.08.2024

Accepted for publication: 25.10.2024

Published: 29.11.2024

Особенности химического состава воды озера Эбейты Омской области и характеристика почвенного покрова

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Озеро Эбейты самое большое солёное озеро Омской области, расположенное на юго-западе региона, на стыке границ трёх районов: Полтавского, Москаленского и Исилькульского, обладает огромными запасами лечебных грязей. Цель исследований – изучить особенности химического состава воды озера Эбейты за годы исследований (данные 2011, 2019, 2022 и 2023 годов) и почвенного покрова.

Материал и методика. В работе представлены результаты исследований химического состава воды озера Эбейты в период 2011-2019-2022-2023 годов. В данной работе применялись методы анализа спутниковых данных для выявления особенностей рельефа, изменению площади водной поверхности (архив спутниковых изображений за 10 лет) исследуемой территории в программном продукте QGIS. Отбор пробы воды проводили в дневное время для ее химического анализа по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Проведена оценка экологического состояния озера. В результате исследований установлено: повышение окисляемости с 53,04 мгО₂/л в 2011 году до 208,0 мгО₂/л в 2022, а в 2023 году показатель снижается до 150,4 мгО₂/л, что свидетельствует об ухудшении экологической ситуации водного объекта. Минерализация увеличивается за годы исследований от 128054 до 268691 мг/л (соответственно). Почвенный покров представлен почвами засоленного ряда – солончаками и солонцами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

озеро Эбейты, гидрохимический состав воды, минерализация, перманганатная окисляемость, оценка воды, почвенный покров

Features of the chemical composition of water in lake Ebeyty Omsk region and characteristics of soil cover

ABSTRACT

Relevance. Lake Ebeyty is the largest salt lake in the Omsk region, located in the southwest of the region, at the junction of the borders of three regions: Poltava, Moskalensky and Isilkulsky, and has huge reserves of medicinal mud. The purpose of the research is to study the characteristics of the chemical composition of Lake Ebeyty water over the years of research (data from 2011, 2019, 2022 and 2023) and soil cover.

Material and Methodology. The paper presents the results of studies of the chemical composition of the water of Lake Ebeyty in the period 2011-2019-2022-2023. In this work, satellite data analysis methods were used to identify relief features and changes in the area of the water surface (archive of satellite images for 10 years) of the study area in the QGIS software product. Water samples were taken during the daytime for chemical analysis using generally accepted methods.

Results. An assessment of the ecological state of the lake was carried out. As a result of the research, it was established: an increase in oxidation from 53.04 mgO₂/l in 2011 to 208.0 mgO₂/l in 2022, in 2023 the figure decreases to 150.4 mgO₂/l, which indicates a deterioration in the ecological situation of the water body. Mineralization increases over the years of research from 128054 to 268691 mg/l (respectively). The soil cover is represented by soils of the saline series – solonchaks and solonetztes.

KEYWORDS:

lake Ebeyty, hydrochemical composition of water, mineralization, permanganate oxidation, water assessment, soil cover

Введение

Соленые озёра встречаются на всей территории России. Преимущественно бессточные, поэтому в условиях засушливого климата в них накапливаются соли. Под действием различных факторов, особенно климатических условий, концентрация веществ в озерах изменяется [1, 2, 3]. В засушливые годы озера пересыхают, оставляя на поверхности солевые отложения, часто в виде корки, но в условиях достаточного увлажнения вновь наполняются водой, и концентрация солей снижается [5, 6, 7]. Из соленых озёр наиболее распространены мелководные степные, в основном пересыхающие летом, содержащие лечебные и косметические грязи [8]. По степени минерализации озера делятся на пресные, содержащие до 1 г/л растворенных веществ, солоноватые, содержащие 1-10 г/л солей, соленые (10-50 г/л) и рассолы (свыше 50 г/л) [9]. Способы образования солёных озёр различные. Из списка самых популярных соленых озёр страны озеро Эбейты Омской области расположено на 15 месте [10, 11, 12]. Это самое крупное солёное озеро Омской области. Размеры озера и глубина зависят от количества осадков и времени года. С 1979 года водоём объявлен природным памятником (государственным природным заказником регионального значения).

Озеро бессточное, горько-солёное, находится на высоте 54 м над уровнем моря. По площади водного зеркала Эбейты – 3-е озеро Омской области (после озёр Салтаим и Тенис) и 127-е озеро России [13]. Геоморфологически территория озера Эбейты входит в состав Ишим-Иртышского структурно-геоморфологического эрозионно-аккумулятивного района, бассейновый округ Иртышский [4, 11, 14].

Первые упоминания озера Эбейты в литературных источниках появляются в 1887 году профессором Шмидтом. Геологические исследования озера ведутся с 1928 года, поэтому оно неплохо изучено. Однако в настоящее время экологическая ситуация в котловине озера Эбейты является переходной от критической к катастрофической. Наблюдается обмеление озера и повышение его минерализации, поэтому проведение мониторинговых исследований за изменением химического состава воды представляет научный интерес [15, 16].

Цель исследования – изучить особенности химического состава воды озера Эбейты за годы исследований (данные 2011, 2019, 2022 и 2023 гг.) и почвенного покрова.

Материал и методы проведения исследований

Озеро Эбейты относится к лесостепной части юга Западной Сибири, является замкнутым водоемом, месторождением лечебных грязей и местом обитания популяции рачков *Artemia Salina* L. и их цист, которые используют в медицинских и сельскохозяйственных целях [14, 17, 18].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения и мониторинга за эколого-геохимическим состоянием озера Эбейты,

являющегося месторождением минеральных солей и памятником природы.

Образцы воды отбирали из озера в июле месяце. Отбор проб воды проводился в дневное время суток, с определением химического состава воды (общей щелочности, хлорид-ионов, сульфат-ионов, кальция и магния – титриметрическим методом, натрия – пламенно-фотометрическим методом, сухой остаток – гравиметрическим, реакция среды – потенциометрическим методом).

До сих пор нет полной ясности в вопросе происхождения озера Эбейты. По мнению одних, котловина озера – это переуглубленный участок крупной долины (ложбины) стока, огибающей Казахский мелкосопочник и проходящей через Тургайский прогиб к Аральскому морю [17].

Другие считают происхождение озера – эолово-дефляционным, когда при интенсивном солевом выветривании шло разрыхление поверхностного слоя. Многие придерживаются идеи тектонического фактора и связывают происхождение котловины озера, с тектоническими подвижками, которые неоднократно происходили в неогеновое время на протяжении четвертичного периода в зоне сочленения двух крупных структур – Приказахстанской моноклинали и Омской впадины [17].

Большая мощность четвертичных осадков, заполняющих озерную котловину, свидетельствует о том, что процессы дефляции и солевого выветривания имели место в больших масштабах в эоплейстоцене и начале неоплейстоцена, а в среднем и верхнем неоплейстоцене, когда шло отложение осадков карасукской свиты, интенсивность этих процессов резко сократилась. С началом верхнечетвертичного времени началось медленное прогибание поверхности озерной котловины [17].

Для анализа геоморфологических условий Эбейтинской котловины применялись спутниковые данные космического аппарата Landsat, обрабатываемые в программном комплексе QGIS. Высота прибрежной территории варьирует от 113 м до 134 м. Водная гладь озера находится на высоте около 50 м.

Результаты исследований

За последние 10-летие объемы соленых озёр и их качественная характеристика претерпела сильные изменения. Ежегодно соленые озера сильно уменьшаются в размерах в связи с влиянием погодных условий и засушливостью. Площадь водного зеркала непостоянна (рис. 1).

При проведении рестроспективного анализа на основе спутниковых данных за 10 лет (космического аппарата Landsat 7) установлено, что водная гладь озера сократилась в среднем на 1000 гектар.

В отобранных образцах из озера (июль 2011, 2019, 2022 и 2023 годы), изучен химический солевой состав, определен тип засоления озера и формула химического состава. Мониторинг показателей химического состава воды озера Эбейты представлен в таблицах 1-3.

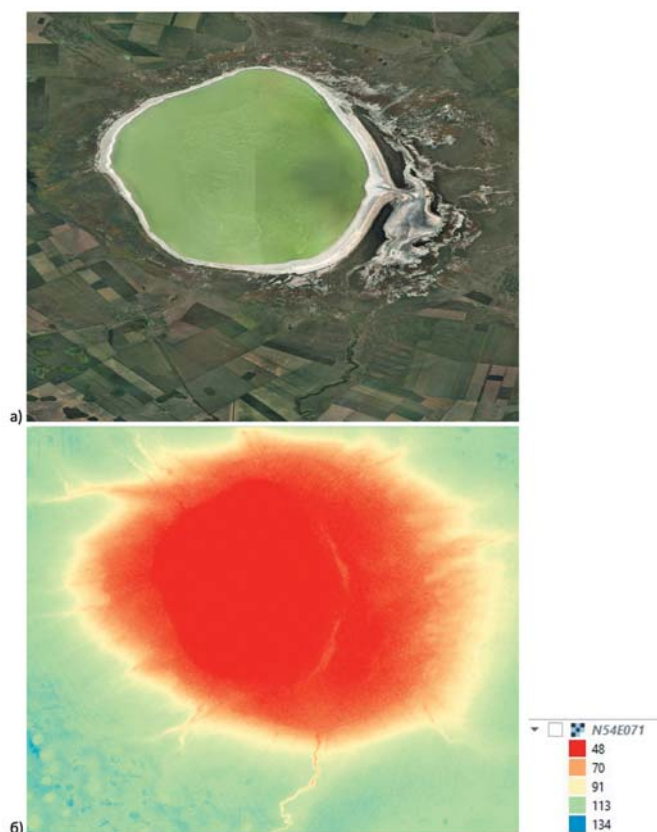


Рис. 1. Анализ рельефа территории Эбейтинской котловины в программном комплексе QGIS (а - спутниковое изображение; б - рельеф построенный на основе данных «Shuttle Radar Topography Mission» глобальная миссия NASA по изучению рельефа Земли)

Fig. 1. Analysis of the relief of the territory of the Ebeyta Basin in the QGIS software package (a - satellite image; b - relief constructed based on data from the Shuttle Radar Topography Mission, NASA's global mission to study the Earth's relief)

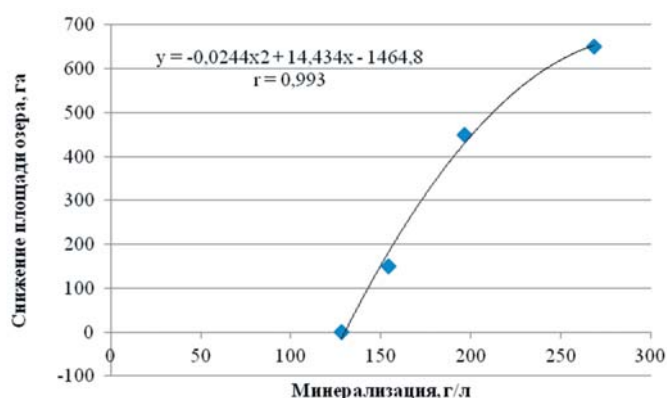


Рис. 2. Параметры связи минерализации от площади озера Эбейты

Fig. 2 Parameters of the relationship between mineralization and the area of Lake Ebeyta

на площади водосбора, в донных отложениях, что указывает на ухудшение экологической ситуации. По данным космического аппарата Landsat 7 была выявлена связь минерализации по годам исследования от снижения площади водной глади озера. С начала 2011 года по 2019 год площадь озера сократилась на 150 га, что соответствовало увеличению минерализации на 26,3 г/л. В дальнейших годах исследования отмечалась высокая засушливость и снижение водной глади на 450 га в 2022 году по сравнению с 2019 годом (+42,2 г/л). В 2023 году водная гладь озера уменьшилась на 650 га по отношению к 2022 году исследования, что повлияло повышение минерализации на 72 г/л. Наглядная зависимость увеличения минерализации озера Эбейты от уменьшения площади водной глади отражена в достоверной связи (рис. 2).

Таблица 1. Результаты химического анализа воды озера Эбейты в годы проведения исследований
Table 1. Results of chemical analysis of Lake Ebeyta water during the years of research

Год проведения исследования	pH	Жесткость общая, мг-экв/л	Жесткость карбонатная, мг-экв/л	Окисляемость O ₂ , мг/л	Минерализация, мг/л
2011	8,15	427,50	9,96	53,04	128054
2019	7,29	309,0	20,4	80,0	154341
2022	7,95	470,0	17,9	208,0	196528
2023	8,04	654	17,2	150,4	268691

Из таблицы 1 видно, что реакция среды в озере щелочная, однако необходимо отметить снижение показателя до слабощелочной реакции в 2019 и 2023 годах.

Согласно проведенным исследованиям, вода в озере является очень жесткой, с максимальным значением в 2023 году. Показатель жесткости связан с высоким содержанием в первую очередь ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), а также других щелочноземельных металлов. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов. Ионы кальция и магния поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Также источником этих ионов могут служить микробиологические процессы, протекающие в почвах

Перманганатная окисляемость является удобным показателем, с помощью которого можно комплексно оценить степень загрязнения жидкости бактериями. В годы проведения исследований окисляемость водоема увеличилась от 2011 к 2022 году (максимальное значение 208,0 мгO₂/л в 2022 году), что указывает на очень высокое содержание органических веществ в воде, в 2023 году значение окисляемости снизилось до 150,4 мгO₂/л.

Минерализация высокая и вода соответствует рассолу, показатель постепенно увеличивался от 2011 к 2022 году и резко возрос в 2023 году. Геохимический состав воды за годы проведения исследований представлен в таблице 2.

Соотношение ионов в воде указывает на тип засоления. В 2011 и 2022 годах из анионов преобладают хло-

Таблица 2. Содержание основных ионов в воде озера Эбейты, мг*экв/л
Table 2. Content of main ions in the water of Lake Ebeity, mg*eq/l

Год	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₂ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ³⁺²⁺	NO ₃ ^{-*}
2011	2125,5	106,46	9,96	1,12	1815,54	402,50	25,0	0,14	3,4
2019	1178,03	1223,96	20,4	0	2113,39	287,0	22,0	1,35	10,0
2022	2250,38	962,13	0	2,0	2760,11	444,0	26,0	0,2	0,9
2023	1819,01	2354,38	17,2	0	3536,59	554,0	100,0	0,29	1,5

*мг/л

Таблица 3. Формула химического состава и оценка воды озера Эбейты в годы исследований
Table 3. Formula of the chemical composition and assessment of the water of Lake Ebeity during the years of research

Год исследования	Формула химического состава	Оценка воды
2011	$\frac{Cl\ 94,8\ SO_4\ 4,7\ HCO_3\ 0,4}{M=128,0\ Na+K\ 80,9\ Mg\ 18,0\ Ca\ 1,1}$	Хлоридная натриевая
2019	$\frac{SO_4\ 50,5\ Cl\ 48,6}{M=154,3\ Na+K\ 87,2\ Mg\ 11,8}$	Хлоридно-сульфатная натриевая
2022	$\frac{Cl\ 69,7\ SO_4\ 29,8}{M=196,5\ Na+K\ 85,4\ Mg\ 13,7}$	Сульфатно-хлоридная натриевая
2023	$\frac{SO_4\ 56,2\ Cl\ 43,4}{M=268,7\ Na+K\ 84,4\ Mg\ 13,2}$	Хлоридно-сульфатная натриевая

риды, в 2019 и 2023 годах больше в составе воды сульфатов, что повлияло на изменение типа засоления.

Западно-Сибирский артезианский бассейн – это крупнейшая в мире артезианская область (или один из крупнейших артезианских бассейнов) [2]. Расположена преимущественно в России (Тюменская, Омская, Свердловская, Челябинская, Новосибирская, Томская области, Красноярский край), крайняя южная часть – в Казахстане. Площадь более 3 млн. км². В тектоническом отношении приурочена к Западно-Сибирской платформе [2]. В строении области выделяют 2 гидрогеологических этажа, разделённых региональным водоупором мел-палеогенового возраста. Верхний гидрогеологический этаж с глубиной залегания подземных вод от 1–2 м до 15–20 м и более. Состав воды с минерализацией менее 1,0 г/л представлен гидрокарбонатами и карбонатами натрия в зоне континентального засоления (на юге) и на участках затруднённого питания межпластовых вод минерализация возрастает до 3,0–10 г/л, на участках интенсивного испарения грунтовых вод до 50–100 г/л и более, с преобладанием

хлоридов [15, 16]. Зона континентального засоления является важнейшей особенностью этой зоны с превышением величины испарения над количеством осадков. Оценка воды по формулам химического анализа представлена в таблице 3. По качеству засоления вода характеризуется как хлоридная натриевая в 2011 году. По истечении десяти лет вода оценивалась в диапазоне от хлоридно-сульфатной натриевой до сульфатно-хлоридной натриевой и в 2023 году хлоридно-сульфатная натриевая.

Несмотря на высокую минерализацию, озеро Эбейты отличается разнообразием своей растительности. На его берегах и мелководьях произрастают различные солелюбивые виды: солерос, сведа, лебеда. Особый интерес представляют реликтовые растения, сохранившиеся на данной территории с доледникового периода, а за счёт сильного засоления котловины здесь встречаются растительные сообщества, имеющие галофитами. Типичными галофитами заказника являются: солерос европейский, сведа рожконосная, сведа заострённая, таблица 4.

Таблица 4. Характеристика произрастающих растений вблизи озера Эбейты
Table 4. Characteristics of plants growing near Lake Ebeity

Название	Латинская аббревиатура	Использование
Солерос европейский	Salicornia europaea	Используется в онкологии как средство замедления злокачественных опухолей и грануляций
Сведа рожконосная	Suaeda corniculata	Корм для верблюдов, овец, коз. Сырье для получения соды и поташа.
Сведа заострённая	Suaeda acuminata	Индикатор сильнозасоленных к поверхности почв
Овсяница ложноовечья	Festuca ovina	Озеленение и благоустройство территории. Рекультивация нарушенных земель
Ковыль волосатик	Stipa capillata	Весной листья как корм для лошадей что приводит к увеличению качества кумыса, удоев и качеству молока
Солонечник двцветковый	Galatella biflora	Внесен в красную книгу Тамбовской области. Декоративное растение
Лебеда	Atriplex	Общеукрепляющее витаминное средство



Рис. 3. Солеросы – типичные растения-галофиты на солончаках

Fig. 3. Soleros – typical halophytic plants on salt marshes

Наиболее часто встречаются: овсяница ложно-овечья, ковыль волосатик, солонечник двцветковый. Уникальная растительность озера Эбейты является одним из главных богатств этого региона (рис. 3).

Соленые озера, в том числе озеро Эбейты оказывают большое влияние на почвенный покров. Вокруг



Рис. 4. Расположение полужам на юго-восточном берегу озера Эбейты по данным космического аппарата Landsat 7
Fig. 4. Location of hollows on the southeastern shore of Lake Ebeity according to Landsat 7 spacecraft data

Полужама 1. Координаты привязки: N 54,60262°, E 71,79453°, h 60 м.
Вскипание от HCl с поверхности. Огление с 15 см.

Горизонт, глубина, см	Морфологические признаки
$S_a \frac{0-1}{1}$ см	Солевая корка.
$A_{ск} \frac{1-5}{4}$ см	Свежий, уплотненный, бурый, неоднородный, с белесым оттенком, тяжелосуглинистый, бесструктурный, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли. Переход в гор. $V_{1ск}$ постепенный по цвету.
$B_{1ск} \frac{5-15}{10}$ см	Влажный, уплотненный, бурый, неоднородный, с белесыми пятнами, легкоглинистый, бесструктурный, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли. Переход в гор. $B_{2скг}$ ясный по цвету.
$B_{2скг} \frac{15-41}{26}$ см	Влажный, плотный, светло-бурый, неоднородный, с серыми затеками и охристыми пятнами, легкоглинистый, бесструктурный, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли, Fe_2O_3 . Переход в гор. $B_{3скг}$ постепенный по цвету.
$B_{3скг} \frac{41-51}{10}$ см	Влажный, плотный, темно-бурый, неоднородный, с охристыми и оливковыми пятнами, легкоглинистый, бесструктурный, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли, FeO , Fe_2O_3 .

Название почвы: солончак соровый сульфатно-хлоридный с участием соды очень сильнозасоленный поверхностный тяжелосуглинистый.

Полужама 2. Координаты привязки: N 54,60237°, E 71,79514°, h 61 м.
Вскипание от HCl с поверхности. Огление с 16 см.

Горизонт, глубина, см	Морфологические признаки
$A_0 \frac{0-1}{1}$ см	Дернина.
$A_{1ск} \frac{1-5}{8}$ см	Сухой, уплотненный, светло-бурый, неоднородный, с белесым оттенком, супесчаный, комковато-пылеватый, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли. В горизонте присутствуют корневые системы растений. Переход в гор. $B_{1ск}$ резкий по структуре.
$B_{1ск} \frac{5-15}{7}$ см	Сухой, очень плотный, серый, неоднородный, с бурым оттенком, на «головах» столбов белесая присыпка, легкоглинистый, столбчатый, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли. Переход в гор. $B_{2скг}$ ясный по структуре.
$B_{2скг} \frac{15-41}{16}$ см	Влажный, плотный, бурый, неоднородный, с сизым оттенком и охристыми пятнами, тяжелоглинистый, творожистый, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли, FeO , Fe_2O_3 . Переход в гор. $B_{3скг}$ постепенный по цвету.
$B_{3скг} \frac{41-51}{30}$ см	Сырой, плотный, темно-бурый, неоднородный, с охристыми пятнами, среднеглинистый, творожистый, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли, Fe_2O_3 . Переход в гор. $B_{4скг}$ постепенный по цвету.
$B_{4скг} \frac{62-82}{20}$ см	Сырой, уплотненный, темно-бурый, легкоглинистый, творожистый, новообразования $CaCO_3$ в форме пропитки, легкорастворимые соли. На границе перехода гор. $B_{3скг}$ в гор. $B_{4скг}$ сплошная прослойка песка по лицевой стенке разреза.

Название почвы: солонец черноземно-луговой солончаковый хлоридно-содовый слабозасоленный карбонатный мелкий столбчатый супесчаный.

Полюяма 3. Координаты привязки: N 54,60218°, E 71,79642°, h 62 м.
Вскипание от HCl с поверхности. Оглеение с 14 см.

Горизонт, глубина, см	Морфологические признаки
$A_0 \frac{0-1}{1} \text{ см}$	Дернина.
$A_{1\text{ск}} \frac{1-14}{13} \text{ см}$	Сухой, рыхлый, светло-серый, неоднородный, с белесыми пятнами, супесчаный, комковато-пылеватый, новообразования CaCO_3 в форме пропитки, легкорастворимые соли. Переход в гор. $V_{1\text{кг}}$ резкий по структуре.
$B_{1\text{ск}} \frac{14-35}{21} \text{ см}$	Сухой, очень плотный, светло-бурый, неоднородный, с темно-бурыми, серыми и охристыми пятнами, среднеглинистый, ореховатый, новообразования CaCO_3 в форме пропитки, легкорастворимые соли, Fe_2O_3 . Переход в гор. $B_{2\text{кг}}$ ясный по структуре.
$B_{2\text{скг}} \frac{35-47}{12} \text{ см}$	Свежий, очень плотный, светло-бурый, неоднородный, с темно-бурыми и охристыми пятнами, легкоглинистый, ореховатый, новообразования CaCO_3 в форме пропитки, легкорастворимые соли, Fe_2O_3 . Переход в гор. $B_{3\text{кг}}$ ясный по цвету и структуре.
$B_{3\text{скг}} \frac{47-74}{27} \text{ см}$	Влажный, плотный, темно-бурый, неоднородный, с охристыми пятнами, среднеглинистый, творожистый, новообразования CaCO_3 в форме пропитки, легкорастворимые соли, Fe_2O_3 . На границе перехода гор. $B_{2\text{скг}}$ в гор. $B_{3\text{скг}}$ имеется песчаная линза.

Название почвы: солонец черноземно-луговой солончаковый хлоридный слабозасоленный карбонатный средний ореховатый супесчаный.

озера в составе почвенного покрова формируются почвы засоленного ряда: солончаки и солонцы, сменяясь на территории пашни в лугово-черноземную солончаковую почву, рис. 4.

Описание заложенных полюям расположенных вблизи озера Эбейты представлены ниже. Почвы представлены солончаками соровыми и солонцами черноземно-луговыми (данные 2023 года).

Почвы, находящиеся вблизи озера, покрыты солевой корочкой. У озера преобладает тип солончаков соровых (полюяма 1), далее от прибрежной территории располагаются солонцы черноземно-луговые с хлоридным и хлоридно-содовым типом засоления. В профиле почвы явно выделяются выцветы солей в виде нитей и солевых пятен. Уровень оглеения характерен почти по всему профилю почвенного разреза с высоким залегание грунтовых вод к поверхности (полюямы 2-3).

Выводы

1. В ходе исследования химического состава воды озера Эбейты было выявлено, что относится оно к типу рассол от хлоридно-натриевого в 2011 к хлоридно-сульфатному в 2019, 2023 и до сульфатно-хлоридного в 2022, при этом основное питание озера поступает с талыми снеговыми и грунтовыми водами такого же

состава. Главный экологический фактор, оказывающий существенное влияние на почвообразование - минерализация почвенно-грунтовых вод, тип и степень засоления озера Эбейты.

2. Наличие в составе почвенного раствора вредных для жизни растений солей губительно отражается на развитии растений. Наиболее вредной является сода (карбонат натрия), оказывающая отрицательное влияние на растения, вредны для растений сульфаты и хлориды магния и натрия. Высокая концентрация солей в почвенном растворе также пагубна для растений. Поэтому определение концентрации (степени засоления почвы), состава и реакции почвенного раствора и воды озера является обязательным при характеристике почвенного покрова.

3. Причинами ухудшения экологической ситуации в котловине озера Эбейты являются: чрезмерная распашка водосборной площади озера, строительство плотин на впадающих в него ручьях и балках, уменьшение количества осадков в последние годы. К этому также приводит несовершенство действующего природоохранного законодательства, существующей системы оценки и управления категориями земель и сложившейся в этом районе системы природопользования.

Литература

- Атлас Омской области. М.: Роскартография; 1999. 56 с.
- Соленые озера России. <https://tsuren.ru/news/solenie-ozera-rossii/> (дата обращения 12.04.2024)
- Западно-Сибирская артезианская область. Доступно: <https://bigenc.ru/geology/text/1988008> (дата обращения 10.04.2024)
- Водные объекты. Доступно: https://water-ru.ru/Водные_объекты/192/Эбейты (дата обращения 10.04.2024)
- Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды бодоемов. М.: Медицина; 1990. 399 с.
- Невенчанная Н.М., Башкатова Л.Н. Характеристика химиче-

ского состава вод озер и почв Камышловского лога Омской области. *Агрофизика*. 2021;(2):24-30.

<https://doi.org/10.25695/AGRP.2021.02.04>

<https://elibrary.ru/zuaajcj>

7. Nevenchannaya, N., Shayakhmetov, M., Bashkatova, L. Spatio-temporal analysis of the lakes of the Kamyshlovsky Log of the Omsk region and their impact on the soil cover. *E3S Web of Conferences*. 2023;(380):01017.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001017>

<https://elibrary.ru/pmmcaj>

8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Омской области в 2006 году. Омск: ЗАО «Манифест». 2007. 288 с.

9. Синихин С.И., Махензон М.Р., Спиро И.С. и др. Объяснительная записка и материалы к разведке и подсчету

запасов сульфата натрия на озере Эбейты. Л.: Новосибирск, 1952. 229 с.

10. Трапезников Д.Е., Исаева Г.А. Минеральные соли озера Эбейты. Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. *Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2014;(17):176-180. <https://elibrary.ru/segidf>

11. Трапезников Д.Е. Особенности соленакопления озера Эбейты в Омской области. *Металлогения древних и современных океанов*. 2014;(20):221-224.

<https://elibrary.ru/unjybh>

12. Топ 30 – соленые озера России. Доступно: <https://must-see.top/solenye-ozera-rossii/> (дата обращения 11.04.2024)

13. Кузьмин А.И. Подземный сток озера Эбейты. *Известия Омского отдела Географического общества СССР*. 1968;(9):69-76.

14. Кривонос Л.М., Лустова Т.Н. Озеро Эбейты - уникальное комплексное месторождение минеральных солей и лечебных грязей. Люди и недра: история геологического изучения и освоения недр территории Омской области под ред. И.А. Вяткина. Омск: Омское книжное издательство, 2011. С.192-197.

15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь. Л.: Гидрометеиздат; 1972. 351 с.

16. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь под ред. Г. Д. Эйрих. Л.: Гидрометеиздат; 1964. 432 с.

17. Озеро Эбейты. Доступно: <http://ozerra.ru/solenye-ozera/77-ehbeyty.html> (дата обращения 10.04.2024)

18. Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л., Надточий В.С. Гидролого-климатические и эколого-географические условия формирования элементов водного баланса озера Эбейты Омской области. *Природообустройство*. 2014;(4):60-63.

<https://elibrary.ru/sqywiv>

• References

1. Atlas of Omsk Region. Moscow: Roskartografiya; 1999. 56 p. (In Russ.)

2. Salt lakes of Russia. <https://tsuren.ru/news/solenie-ozera-rossii/> (date of access 12.04.2024) (In Russ.)

3. West Siberian Artesian Region. Available: <https://bigenc.ru/geology/text/1988008> (date of access 10.04.2024) (In Russ.)

4. Water Bodies. Available: https://water-rf.ru/Водные_обезды/192/Эбейты (date of access 10.04.2024) (In Russ.)

5. Novikov Yu.V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N. Methods of studying the water quality of 6 water bodies. Moscow: Medicine; 1990.

399 p. (In Russ.)

6. Nevenchannaya N.M.1, Bashkatova L.N. Characteristics of lake waters and soil chemical composition of Kamyshlovsky Log in Omsk Region. *Agrophysica*. 2021;(2):24-30. (In Russ.)

<https://doi.org/10.25695/AGRPH.2021.02.04>

<https://elibrary.ru/zuajcj>

7. Nevenchannaya, N., Shayakhmetov, M., Bashkatova, L. Spatio-temporal analysis of the lakes of the Kamyshlovsky Log of the Omsk region and their impact on the soil cover. *E3S Web of Conferences*. 2023;(380):01017.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001017>

<https://elibrary.ru/pmmcaj>

8. Report on the state and protection of the environment of Omsk region in 2006. Omsk: ZAO "Manifest". 2007. 288 p. 9. Sinikhin S.I., Makhenzon M.R., Spiro I.S. et al. Explanatory note and materials for exploration and calculation of sodium sulfate reserves on Lake Ebeyty. L.: Novosibirsk, 1952. 229 p. (In Russ.)

10. Trapeznikov D.E., Isaeva G.A. Mineral salt lake Ebeyty. *Scientific readings of the memory of P.N. Chirvinsky*. 2014;(17):176-180. (In Russ.) <https://elibrary.ru/segidf>

11. Trapeznikov D.E. Features of salt accumulation in Lake Ebeyty in the Omsk region. *Metallogeny of ancient and modern oceans*. *Metallogeniya drevnih i sovremennyh okeanov*. 2014;(20):221-224. (In Russ.) <https://elibrary.ru/unjybh>

12. Top 30 – salt lakes of Russia. Available: <https://must-see.top/solenye-ozera-rossii/> (date of access 11.04.2024) (In Russ.)

13. Kuzmin A.I. Underground runoff of Lake Ebeyty. *News of the Omsk Department of the Geographical Society of the USSR*. 1968;(9):69-76. (In Russ.)

14. Krivonos L.M., Lustova T.N. Lake Ebeyty - a unique complex deposit of mineral salts and therapeutic mud. People and subsoil: the history of geological study and development of subsoil of the territory of the Omsk region under the editorship of I.A. Vyatkin. Omsk: Omsk Book Publishing House, 2011. P. 192-197. (In Russ.)

15. Surface water resources of the USSR. Vol. 15. Altai and Western Siberia. Issue. 2. Middle Ob. L.: Gidrometeizdat; 1972. 351 p. (In Russ.)

16. Surface Water Resources of the USSR: Hydrological Study. Vol. 15. Altai and Western Siberia. Issue. 3. Lower Irtysh and Lower Ob edited by G. D. Eirikh. L.: Gidrometeizdat; 1964. 432 p. (In Russ.)

17. Lake Ebeyty. Available: <http://ozerra.ru/solenye-ozera/77-ehbeyty.html> (accessed 10.04.2024) (In Russ.)

18. Tsupbekov Zh.A., Ryapolova N.L., Nadtochij V.S. Hydrological-climatic and ecological-geographic conditions of formation of elements of water balance of lake Ebeyty of the Omsk Region. *Prirodobustroystvo*. 2014;(4):60-63. (In Russ.)

<https://elibrary.ru/sqywiv>

Об авторах:

Наталья Михайловна Невенчанная – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, <https://orcid.org/0000-0001-5567-2101>, SPIN-код: 3524-9398,

автор для переписки, nm.nevenchannaya@omgau.org

Марат Рахимбердыевич Шаяхметов – кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, <https://orcid.org/0000-0002-3729-2612>, SPIN-код: 6439-1029

Олжас Даулетжанович Шойкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, <https://orcid.org/0000-0001-8803-2645>, SPIN-код: 5969-9070,

автор для переписки, od.shoykin@omgau.org

About the Authors:

Natalia M. Nevenchannaya – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, SPIN-code: 3524-9398, <https://orcid.org/0000-0001-5567-2101>,

Correspondence Author, nm.nevenchannaya@omgau.org

Marat R. Shayakhmetov – Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, SPIN-code: 6439-1029, <https://orcid.org/0000-0002-3729-2612>

Olzhas D. Shoykin – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, SPIN-code: 5969-9070, <https://orcid.org/0000-0001-8803-2645>,

Correspondence Author, od.shoykin@omgau.org



Сильное и здоровое растение с начала вегетации

Сбалансированное минеральное питание особенно важно для весенней подкормки сельхозкультур. От обеспечения оптимального развития растений на начальном этапе вегетации зависит активный рост культуры и её последующая продуктивность. Для поддержки растений на ранних этапах вегетации и более полной реализации потенциала урожайности культур Группа компаний «Уралхим» предлагает азофоску NPKS 27:6:6:2 – универсальное удобрение для весеннего внесения.

Удобрение для весеннего внесения

Азофоска NPKS 27:6:6:2 – комплексное удобрение, содержащее в составе высокую массовую долю азота – 27%, из которых 15% составляет аммонийный азот и 12% нитратный азот. Кроме того, азофоска содержит 6% общих фосфатов в пересчете на P₂O₅, 6% водорастворимого калия в пересчете на K₂O, а также 2% сульфатов в пересчете на S. Азот обеспечивает интенсивный рост вегетативной массы растений, фосфор – развитие корневой системы, калий – накопление крахмала и сахаров в плодах, а также помогает фотосинтезу. В свою очередь, сера способствует усвояемости элементов питания растением и повышает, таким образом, эффективность применения.

Азофоска NPKS 27:6:6:2 может применяться на всех почвах и под все культуры, однако особенно эффективно данное удобрение в качестве весенней подкормки однолетних и многолетних трав, кормовых и озимых зерновых культур. Кроме того, удобрение обладает отличными физико-химическими характеристиками, что облегчает его хранение и внесение.

Яровой рапс гибрида F₁ Видер

В ЗАО «Агрофирма имени 15 лет Октября» Липецкой области был заложен производственный опыт с применением азофоски NPKS 27:6:6:2, в ходе которого изучалось влияние удобрений Группы компаний «Уралхим» на урожайность ярового рапса гибрида F₁ Видер. Агрохимическая характеристика почвы при закладке опыта: тип почвы – чернозём выщелочный, гранулометрический состав почвы – среднесуглинистый, уровень подвижного фосфора – 117 мг/кг почвы, обменного калия – 69 мг/кг, содержание гумуса – 5,2%, pH – 5,0.

На контрольном участке использовалась схема применения удобрений сельхозпредприятия: 200 кг/га аммиачной селитры перед посевом и ещё 150 кг/га аммиачной селитры в фазу начало отрастания стебля. На опытном участке применялась следующая схема:

Фаза	Удобрение	Дозировка
Перед посевом	Азофоска NPKS 27:6:6:2	275 кг/га
Фаза 4-6 листьев	SOLAR NPK micro УНИВЕРСАЛ 20:20:20+МЭ	3,1 кг/га
Начало отрастания стебля	Сульфонитрат NS 30:7	180 кг/га
Начало налива стручка	SOLAR NPK micro ФИНАЛ 15:7:30+3MgO+МЭ	5 кг/га

В качестве фона для обоих вариантов осенью внесли по 200 кг/га диаммофоски NPK 10:26:26.

Урожайность на контрольном участке составила 15,1 ц/га, на опытном участке 18,9 ц/га (на 3,8 ц/га или 25,2% больше). В денежном выражении прибавка урожайности составила 19 180 руб./га, прибыль – 15 467 руб./га. Прибавка урожая на опытном варианте обусловлена увеличением количества стручков. В частности, количество стручков с квадратного метра на хозяйственном участке составило 2 212 шт., на опытном участке – 2 854 шт. Масса 1 000 штук семян на контроле и на опыте составила 3,73 г и 3,94 г соответственно.

Яровой рапс сорта Антарес

Ещё один опыт по изучению влияния системы питания с участием азофоски NPKS 27:6:6:2 на яровой рапсе заложили в ООО «Агро-Флора» Новосибирской области. Сорт – Антарес. Агрохимическая характеристика почвы при закладке опыта: тип почвы – чернозёмно-луговая солонцеватая, гранулометрический состав почвы – тяжелосуглинистый, уровень подвижного фосфора в почве – 100 мг/кг почвы, обменного калия – 180 мг/кг, содержание гумуса – 5,5%, уровень кислотности – pH 6,0.

В ходе опыта заложили контрольный участок с системой питания предприятия и опытный участок с системой питания, разработанной агрономической службой Группы «Уралхим».

Схема опыта на контрольном участке:

Фаза	Удобрение	Дозировка
Всходы 1-2 настоящих листа	Карбамид	5 кг/га
	Комплексное микробиологическое удобрение с азотфиксирующими бактериями	1 л/га
Цветение	Карбамид	5 кг/га
	Комплексное микробиологическое удобрение с азотфиксирующими бактериями	1 л/га
Развитие плодов	Карбамид	5 кг/га
	Комплексное микробиологическое удобрение с азотфиксирующими бактериями	1 л/га

Фон на контрольном варианте и варианте с применением азофоски был идентичным: перед посевом на обоих участках внесли 100 кг/га удобрения КАС-28.

Урожайность на контрольном участке составила 9,3 ц/га, на опытном участке – 13,5 ц/га. Таким образом, прибавка урожайности превысила контрольный вариант на 45,1% и в денежном эквиваленте составила 12 489 руб./га. При этом внесение комплекса минерального питания от Группы «Уралхим» оказало положительное влияние, как на параметры структуры урожая, так и на качественные показатели собранной продукции. В частности, количество стручков на контрольном варианте составило 3 506 шт./м², а на опытном – 3 698 шт./м². Среднее количество семян в стручке – 21 шт. и 25 шт. соответственно. Что касается качественных показателей, то кислотное число масла на варианте предприятия составило 1,0 мг КОН/г, а на опытном варианте – 1,1 мг КОН/г. Масличность экстрактивным методом – 47,8% и 48,6%, а выход масла с 1 га – 0,44 т и 0,65 т соответственно.

Схема опыта на участке Группы «Уралхим»:

Фаза	Удобрение	Дозировка
Перед посевом	КАС-28	100 л/га
	SOLAR моноаммонийфосфат NP 12:61	15 кг/га
	NPKS 27:6:2	175 кг/га
При посеве	NPKS 15:15:15:11	100 кг/га
Всходы 1-2 настоящих листа	Карбамид	10 кг/га
	SOLAR NPK micro Старт 11:40:11+2MgO+МЭ	3,1 кг/га
Цветение	Карбамид	10 кг/га
	SOLAR NPK micro Универсал 20:20:20+МЭ	3,1 кг/га
	Борсодержащее удобрение 21%	0,5 л/га
Развитие плодов	Карбамид	10 кг/га
	SOLAR NPK micro Финал 15:7:30+3MgO+МЭ	3,1 кг/га
	Борсодержащее удобрение 21%	0,5 л/га
Водная спелость	SOLAR NPK micro Финал 15:7:30+3MgO+МЭ	3,1 кг/га

Яровой ячмень сорта Крещендо

Производственный опыт по применению системы питания Группы компаний «Уралхим» на яровом ячмене сорта Крещендо был поставлен в условиях Новосибирской области. Агрохимическая характеристика почвы при закладке опыта: тип почвы – чернозёмно-луговая солонцеватая, гранулометрический состав – тяжёлосуглинистый, содержание подвижного фосфора – 150 мг/кг почвы, подвижного калия – 180 мг/кг, содержание гумуса – 5,8%, pH почвы – 5,7.

В ходе опыта было заложено два варианта – участок со схемой предприятия и участок с применением схемы питания от «Уралхим».

Фаза	Опыт	Контроль
Протравливание семян	SOLAR NPK micro Старт 11:40:11+2MgO+МЭ 0,25 кг/т	–
При посеве	NPKS 27:6:2 151 кг/га	КАС-28 125 кг/га
Кущение	КАС-28 125 кг/га	КАС-28 125 кг/га Комплексное микробиологическое удобрение с азотфиксирующими бактериями 1 л/га
Флаговый лист – выход в трубку	SOLAR NPK micro Финал 12:6:36+2.5MgO+МЭ + Амино 3 кг/га	Комплексное микробиологическое удобрение с азотфиксирующими бактериями 1 л/га

Фон для обоих вариантов был общим:

- листовая подкормка в фазу кущение – начало стеблевания – 5 кг/га карбамида марки Б;
 - листовая подкормка в фазу флаговый лист – выход в трубку – 5 кг/га карбамида марки Б.
- Урожайность ячменя на контрольном варианте составила 10,5 ц/га, на опытном варианте (с применением удобрения азофоска NPKS 27:6:2) – 16,59 ц/га (+58,0%). В денежном эквиваленте прибавка урожайности составила 6 097 руб./га, дополнительная прибыль – 4 232 руб./га.

Также отмечено влияние на параметры структуры урожая. Так, количество колосьев на контрольном варианте составило 173 шт./м², а на опытном варианте – 260 шт./м² (+50,2%). Масса 1000 зёрен, соответственно, 48,5 шт. и 50,7 шт. (+4,1%).

Полевые испытания показывают, что ранневесеннее внесение высокоазотного комплексного удобрения азофоска NPKS 27:6:2 в полноценной системе питания способствует лучшему развитию растений на ранних этапах вегетации. Как следствие – более высокая урожайность растений, улучшение количественных и качественных параметров урожая и более высокая прибыльность возделывания сельскохозяйственных культур.

**Аграрий,
применяющий удобрения «Уралхим»,
может не беспокоиться
о рентабельности своего бизнеса!**



Контактная информация:

АО «ОХК «Уралхим»

г. Москва, Пресненская наб., д. 6, стр. 2

тел.: +7 (495) 721-89-89

e-mail: marketing@uralchem.com

www.uralchem.ru



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

БОЛЬШОЙ ВЫБОР СЕМЯН от ведущего производителя в России

КОНТАКТЫ:

Отдел продаж ФГБНУ ФНЦО: +7(495)594-77-17, +7(903)190-46-55

E-mail: info@vniissok.com

Интернет-магазин: www.vniissok.com

Магазин "Семена ВНИССОК":

Адрес: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Липовая, д.2

График работы: понедельник-пятница 9.00-18.00, суббота 9.00-17.00, воскресенье 9.00-14.00

В нашем магазине Вы всегда можете самостоятельно купить семена, свежие овощи, рассаду, цветы, а также сопутствующие товары.



на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com