

Овощи России

Научный рецензируемый журнал
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» 13168

ISSN 2072-9146 (Print)

ISSN 2618-7132 (Online)

4 2023

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal

100% ВОДОРАСТВОРИМЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И СЕРВИСЫ



Нитрат кальция



Нитрат кальция
с бором



Моноаммоний-
фосфат водорастворимый NP 12:61



Калиевая
селитра



NPK Микро, Старт,
Универсал, Финал



Аудит предприятий

Анализ производственной деятельности агропредприятий. Позволяет получить объективную оценку существующих проблем, избежать ошибок при вложении средств, сэкономить ресурсы при проведении полевых работ и разработать план изменений.



Агро- консалтинг

Комплексная агрономическая поддержка клиентов, включающая в себя разработку систем питания и технологий производства культуры, а также агросопровождение на полях клиента.



Агро- лаборатория

Собственная лабораторная площадка «Уралхим». Быстрый и качественный анализ почвы и грунтов, зеленой массы растений и кормов, а также поливных вод и органических удобрений.



Скаутинг

Независимый контроль работ на полях клиента. Выявление отклонений от технологии и оперативное информирование производственной службы.

на правах рекламы



тел.: +7 (495) 721-89-89

uralchem.ru, agro.uralchem.ru

УРАЛХИМ



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

Подробная информация на 112-113 стр.



ФГБНУ ФНЦО

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе X Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции, семеноводстве и товарном производстве овощных, бахчевых и цветочных культур. Традиции и перспективы», которая будет проходить 1-4 августа 2023 года в очно-дистанционном формате в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Московская обл., Одинцовский г.о., пос. ВНИИССОК).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

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

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ:

- 1 августа** – заезд и регистрация участников конференции; постерная сессия;
- 2 августа** – пленарное заседание;
- 3 августа** – продолжение работы конференции;
- 4 августа** – проведение заседаний:

- Методической комиссии по иммунитету и защите растений, посвященное 125-летию со дня рождения известного энтомолога, одного из основателей научного направления по защите овощных культур Масленникова Ивана Петровича;
- Методической комиссии по селекции и семеноводству бобовых культур, посвященное юбилейным датам известных селекционеров: Соловьевой Валентины Константиновны, Дворниковой Зинаиды Васильевны, Епихова Виктора Александровича;
- Посещение демонстрационного участка и полей учреждения. Подведение итогов и принятие решения конференции.

Культурная программа – посещение Парка Патриот, Главного Храма ВС РФ, Музея 1428 шагов к Победе.

Подробнее – в Информационном письме и на сайте ФГБНУ ФНЦО: <http://www.vniissok.ru>.

Главный редактор

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

И.Г. Джафаров – доктор с.-х. наук, проф., член-корр. НАНА, ректор, Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика

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

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

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

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

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

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 им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия

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

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

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

В.Г. Плющиков – доктор с.-х. наук, проф., Директор Аграрно-технологического института РУДН (АТИ), Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

П.А. Чекумарев – 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.

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

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

Тираж 100 экземпляров.

Дата выхода в свет: 05.07.2023

Отпечатано в типографии:

Акционерное общество

«Соломбальская типография».

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

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

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.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



Editor in chief

Victor F. Pivovarov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture),
Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center"
(FSBSI FSVS), 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 FSVS), 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. Allahverdiyev – Dr. Sci. (Biology), Professor, Bartin University, Turkey

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

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

Ibrahim Hasan oglu Jafarov – Corresponding Member of ANAS, Professor, Dr. Sci. (Agriculture), Rector, Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan Republic

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

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

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

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

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

Lyudmila L. Bondareva – Dr. Sci. (Agriculture),

Head of the Laboratory of breeding and seed production of Cole crops, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Vadim G. Plushikov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, director of Agrarian Technological institute of RUDN University, Moscow, Russia

Vladimir V. Pylyev – 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 FSVS), Moscow, Russia

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

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

Circulation is 100 copies. Published: 05.07.2023

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 4.0 License.

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific journals and publications, which should include the main scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences (Higher Attestation Commission of Russia).

In 2016, the journal is included in the AGRIS database (Agricultural Research Information System).

Journal has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing.

The full text of journal can be found in the EBSCOhost™ databases.



СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Кайгородова И.М., Котляр И.П., Ушаков В.А., Енгальцева И.А., Козарь Е.Г.**Приоритетные направления современной селекции гороха овощного (*Pisum sativum* L.) **5****Заставнюк А.Д., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г.**Получение и оценка селекционного материала для создания F₁ гибридов капусты пекинской (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) с устойчивостью к стрессовым факторам. **13****Соколова Д.В., Соловьева А.Е.**Характеристика биохимического состава и антиоксидантной активности *Spinacia oleracea* L. и *Spinacia turkestanica* Iijin.: сравнительное исследование. **23****Сакара Н.А., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И.**К совершенствованию технологических процессов возделывания овощных культур на Дальнем Востоке. Обзор. **30****Штайнерт Т.В., Алилуев А.В.**Влияние фиторегуляторов пола на продуктивность огурца. **38****Ерошевская А.С.**Проявление селекционных признаков томата на разных типах малообъемной технологии. **43****Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Кособрухов А.А., Новиков В.Б.,****Путилина Л.Н., Иванова М.И., Верник П.А., Гаврилов С.В.**Влияние фотонов ближней ультрафиолетовой области на рост и развитие свеклы сахарной (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) в условиях закрытой агробиотехносистемы. **49****Скорина В.В., Скорина Вит. В.**Комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов для селекции чеснока озимого. **58****Шишкина Е.В., Алилуев А.В., Сирота С.М.**Биологические особенности и элементы технологии семеноводства бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.) в условиях Южного Урала. **62****САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Гулин А.В., Кигашпаева О.П., Муканов М.В., Джабраилова В.Ю.**Перспективные сорта перца сладкого для условий Нижнего Поволжья. **67****Быкова О.А., Тхаганов Р.Н., Тхаганов В.Р., Морозов А.И.**Эффективность комплексного применении ягуμάτων и микроудобрений на маклее кыюсской (*Macleaya x kevensis* Turill.) и маклее сердцевидной (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.). **73****Варивода Е.А., Лазько В.Э., Тайшибаева Э.У.**Экологическое испытание сортов дыни селекции Быковской опытной станции в различных зонах выращивания. **82****Галичкина Е.А., Надежкин С.М., Макаренков Д.А.**Использование водорастворимых микроудобрений для выращивания арбуза столового сорта Метеор. **87****Рябчикова Н.Б., Шапошников Д.С., Надежкин С.М.**Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на лабораторную и полевую всхожесть семян тыквы различных видов. **92****АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Жемчужина Н.С., Елизарова С.А., Киселева М.И., Захаров Д.А., Сардарова И.И.**Экспериментальное обоснование методики оценки фитотоксичности микромицетов на проростках пшениц. **97****ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО****Логинов Ю.П., Казак А.А., Гайзатулин А.С.**Урожайность и качество клубней сортов картофеля при выращивании в условиях органического земледелия. **107**

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**Kaigorodova I.M., Kotlyar I.P., Ushakov V.A., Engalycheva I.A., Kozar E.G.**Priority directions of modern breeding
of vegetable peas (*Pisum sativum* L.).5**Zastavnyuk A.D., Monakhos G.F., Monakhos S.G.**Obtaining and evaluating breeding material for the creation
of F₁ hybrids of Chinese cabbage (*B. rapa* ssp. *pekinensis*)
with resistance to stress factors.13**Sokolova D.V., Solovieva A.E.**Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity
of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Iljin: a comparative study.23**Sakara N.A., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I.**Improvement of technological processes of cultivation
of vegetable crops in the Far East. Review.30**Steinert T.V., Aliluev A.V.**

The effect of sex phytohormones on cucumber productivity.38

Eroshevskaya A.S. Exhibiting

of tomato breeding characteristics on different types of low-volume technology.43

Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Kosobryukhov A.A., Novikov V.B.,**Putilina L.N., Ivanova M.I., Vernik P.A., Gavrilov S.V.**Influence of photons of the near-ultraviolet radiation
on the growth and development of sugar beet
(*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) in a closed agrobiotechnosystem.49**Skorina V.V., Skoryna Vit.V.**Comprehensive assessment of the parameters of adaptive capacity
and ecological stability of genotypes for winter garlic breeding.58**Shishkina E.V., Aliluev A.V., Sirota S.M.**Biological features and elements of the technology
of seed production of marigolds (*Tagetes patula* L.)
in the conditions of the Southern Urals.62**HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS****Gulin A.V., Kigashpayeva O.P., Mukanov M.V., Dzhabrailova V.Yu.**

Perspective varieties of sweet pepper for the conditions of the Lower Volga region.67

Bykova O.A., Thaganov R.N., Thaganov V.R., Morosov A.I.The effectiveness of the complex application of humates
and micronutrient fertilizers on the *Macleaya x kevensis* Turill. and *Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.73**Varivoda E.A., Lazko V.E., Taishibaeva E.U.**Ecological testing of melon varieties bred
at the Bykovskaya Experimental Station.82**Galichkina E.A., Nadezhdin S.M., Makarenkov D.A.**Use of water-soluble microfertilizers
for growing meteor table variety watermelon.87**Ryabchikova N.B., Shaposhnikov D.S., Nadezhdin S.M.**The effect of growth regulators and water-soluble fertilizers
on laboratory and field germination of large-fruited and nutmeg pumpkin seeds.92**AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE****Zhemchuzhina N.S., Elizarova S.A., Kiseleva M.I., Zakharov D.A., Sardarova I.I.**Experimental substantiation of the method for assessing
the phytotoxicity of micromycetes on wheat seedlings.97**AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION****Loginov Yu.P., Kazak A.A., Gayzatulin A.S.**Yield and quality of potato tubers when grown
in organic farming conditions.107

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>
УДК 635.656:631.52

И.М. Кайгородова*, И.П. Котляр,
В.А. Ушаков, И.А. Енгальчева, Е.Г. Козарь

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

*Автор для переписки: kaigorodova-i@mail.ru

Вклад авторов: Кайгородова И.М. – изучение литературы и подготовка материала для статьи. Кайгородова И.М., Ушаков В.А., Котляр И.П. – планирование и ведение селекционных направлений. Енгальчева И.А. и Козарь Е.Г. – оценка устойчивости растений гороха овощного к стрессам. Все авторы принимали участие в написании статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кайгородова И.М., Котляр И.П., Ушаков В.А., Енгальчева И.А., Козарь Е.Г. Приоритетные направления современной селекции гороха овощного (*Pisum sativum* L.). *Овощи России*. 2023;(4):5-12.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>

Поступила в редакцию: 23.05.2023

Принята к печати: 18.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Irina M. Kaigorodova*, Irina P. Kotlyar,
Vladimir A. Ushakov, Irina A. Engalycheva,
Elena G. Kozar

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

*Corresponding Author: kaigorodova-i@mail.ru

Authors' Contribution: I.M. Kaigorodova – study of literature and preparation of material for the article. I.M. Kaigorodova, V.A. Ushakov, I.P. Kotlyar – planning and management of breeding directions. I.A. Engalycheva and E.G. Kozar – assessment of the resistance of vegetable pea plants to stress. All the authors took part in writing the article.

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

For citations: Kaigorodova I.M., Kotlyar I.P., Ushakov V.A., Engalycheva I.A., Kozar E.G. Priority directions of modern breeding of vegetable peas (*Pisum sativum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):5-12. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-5-12>

Received: 23.05.2023

Accepted for publication: 18.06.2023

Published: 05.07.2023

Приоритетные направления современной селекции гороха овощного (*Pisum sativum* L.)



Резюме

На протяжении многих лет селекционеры всего мира вносили значительные изменения в архитектуру растений сортов гороха овощного. Внесенные изменения были направлены на повышение, прежде всего, урожайности. Новые сорта должны обладать оптимальным сочетанием высоты растения, количества продуктивных узлов и повышенной устойчивостью к полеганию. Достигнув определенных результатов, селекционеры находят пути совершенствования культуры, далее улучшая ее хозяйственно ценные признаки. В статье освещены приоритетные направления в селекции гороха овощного луцильного направления в Федеральном научном центре овощеводства (ФГБНУ ФНЦО), которые напрямую связаны с современными требованиями рынка, и рассмотрены специфические факторы, встречающиеся в селекционной работе, в производственной сфере и семеноводческой практике. В рамках импортозамещения и достижения продовольственной безопасности страны ученые центра ведут интенсивную работу по созданию сортов нового поколения: высокопродуктивные (за счет увеличения числа бобов на узле и числа семян в бобе), пригодные для механизированной уборки (за счет получения соответствующих морфотипов с повышенной прочностью стебля или измененной формой листьев) и с высокими показателями качества зеленого горошка. Также постоянно ведется отбор на устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды, которые изменяются в последние годы, как в стране, так и во всем мире.

В статье приведены основные достижения, полученные благодаря опыту и знаниям ведущих селекционеров центра, специалистов по семеноводству и производству, а также специалистов в области иммунитета растений. Так, получены селекционно ценные формы с высокой продуктивностью (до 30 бобов и более 150 семян с растения), получен сорт с высокой устойчивостью к полеганию за счет прочности стебля. Ведется работа по созданию сортов с высоким качеством зеленого горошка и устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам.

Ключевые слова: горох овощной (*Pisum sativum* L.), селекция, продуктивность, полегание, качество горошка, устойчивость к болезням, семена, крахмальные зерна

Priority directions of modern breeding of vegetable peas (*Pisum sativum* L.)

Abstract

Over the years, breeders around the world have made significant changes to the architecture of plants of vegetable pea varieties. The changes made were aimed at increasing, first of all, the yield. New varieties should have an optimal combination of plant height, the number of productive nodes and increased resistance to lodging. Having achieved certain results, breeders find ways to improve the culture, further improving its economically valuable features. The article highlights the priority directions in the selection of vegetable peas in the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC), which are directly related to modern market requirements, and considers the specific factors encountered in breeding work, in the production sector and seed practice. Within the framework of import substitution and the achievement of food security of the country, the scientists of the center are intensively working to create new generation varieties: highly productive (by increasing the number of beans at the node and the number of seeds in the bean), suitable for mechanized harvesting (by obtaining appropriate morphotypes with increased stem strength or modified leaf shape) and with high quality indicators of green peas. There is also a constant selection for resistance to abiotic and biotic environmental factors that have been changing in recent years, both in the country and around the world. The article presents the main achievements obtained thanks to the experience and knowledge of the leading breeders of the center, specialists in seed production and production, as well as specialists in the field of plant immunity. Thus, selectively valuable forms with high productivity (up to 30 beans and more than 150 seeds per plant) were obtained, a variety with high resistance to lodging due to the strength of the stem was obtained. Work is underway to create varieties with high quality green peas and resistant to biotic and abiotic stresses.

Keywords: vegetable peas (*Pisum sativum* L.), breeding, productivity, nutrition, quality of peas, disease resistance, seeds, starch grains

Одной из важнейших овощных бобовых культур в мире является горох (*Pisum sativum* L. *Sensu lato*), производство, которого составляет более 20,5 млн. тонн на более чем 2,59 млн. га в мире [1]. Горох распространен повсеместно и ценится за свои питательные свойства. Благодаря высокому содержанию белка, клетчатки и витаминов, он особо необходим для использования его в рационе человека. Эта культура играет ключевую роль в обеспечении будущего производства продуктов питания [2; 3]. Селекционеры и генетики, опираясь на свои знания и опыт, с учетом современных требований производителей должны создавать новые и улучшать имеющиеся конкурентоспособные сорта гороха овощного. Поэтому для эффективной работы и быстрого достижения результата необходимо использовать информацию о корреляционных связях признаков, особенно когда один из признаков трудно измерить или сложно идентифицировать при оценке и отборе источников хозяйственно важных признаков у перспективных селекционных форм [4]. Это также повышает точность предсказанной ценности генотипов по признакам с низкой наследуемостью [5; 6], особенно в ранних поколениях [7; 8]. Ниже рассмотрены важные аспекты ведения селекции гороха овощного луцильного типа по основным целевым и косвенным признакам на основе современных знаний характера их проявления.

Селекция на качество зеленого горошка. Существует несколько направлений использования гороха овощного луцильного типа: консервирование, заморозка и сублимация. Критерием оценки качества и направления использования сорта являются следующие признаки: окраска семядолей, крупность зерна (масса 1000 семян), форма и тип поверхности биологически зрелых семян. Показатели качества зеленого горошка связаны с сортовыми признаками семян, поэтому селекционер легко может определить перспективы дальнейшего использования селекционного материала по этим параметрам.

В настоящее время по всем направлениям использования предпочтение отдается сортам с зеленой и темно-зеленой окраской семядолей. По признаку «масса 1000 семян» сорта могут использоваться следующим образом: для производства консервов «зеленый горошек» используют горох овощной мозговых сортов со средним размером массы 1000 семян – 170-200 грамм. Особым спросом пользуются сорта с массой менее 160 грамм, для изготовления консервов премиум класса. Для сублимации пригодны сорта с сочетанием признаков массы 1000 семян менее 180 грамм и стойкой зеленой окраской семядолей. Для заморозки востребованы сорта с более крупными семенами массой 1000 штук – 180-220 грамм и ярко-зеленой или темно-зеленой окраски [9].

При создании сортов с высоким качеством зеленого горошка селекционеры уделяют особое внимание отбору селекционного материала на сочетание таких независимо наследуемых признаков, как окраска (рис. 1А), форма и тип поверхности семян (рис. 1Б).

По типу поверхности семена делятся на гладкие (рис. 2А), переходные (с мелкой ячеистостью или с мелким вдавлением) (рис. 2В) и морщинистые (мозговые) (рис. 2С). Мозговые семена являются наиболее пригодными для производства консервов «зеленый горошек». Гладкие и округлые, округлые с мелкой ячеистостью или с мелким вдавлением более пригодны для сублимации. Мозговые сорта отличаются по степени морщинистости семян, которая напрямую связана с накоплением крахмала в период технической спелости и содержанием амилозной фракции [10]. Семена мозговых сортов, пригодные для консервирования содержат в составе крахмала 70-90% амилозы и 10-30% амилопектина [11]. Высокоамилозные сорта содержат амилозы свыше 80%. То есть, показатель «содержание амилозы» в крахмале сухих семян является одним из важнейших признаков оценки сортов на качество зеленого горошка



Рис. 1. Расщепление по признаку окраска (А) и тип поверхности (В) семян у селекционных образцов гороха овощного в третьем поколении, 2022 год
Fig. 1. Splitting by color (A) and surface type (B) of seeds in breeding samples of vegetable peas in the third generation, 2022

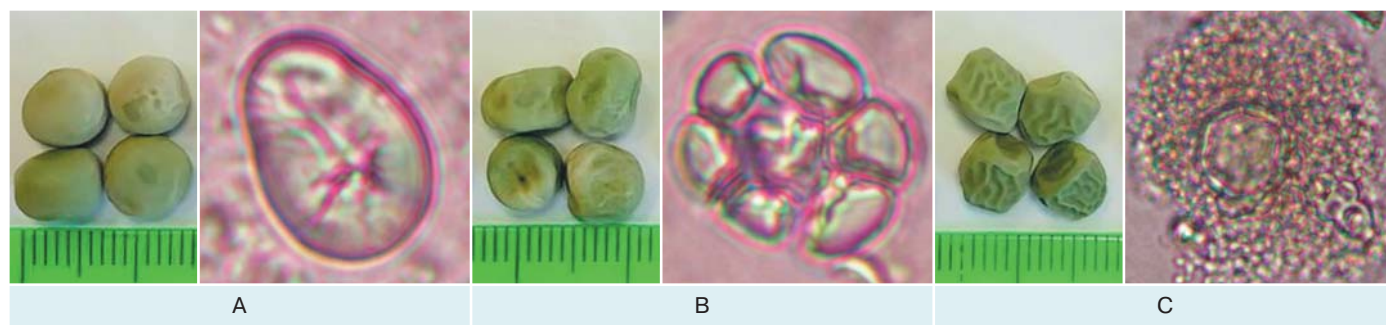


Рис. 2. Типы семян и соответствующих им типы крахмальных зерен у гороха овощного
Fig. 2. Types of seeds and their corresponding types of starch grains in vegetable peas

Объективным критерием косвенной оценки качества зеленого горошка может служить микроструктура крахмальных зерен биологически зрелых семян гороха овощного (при помощи микроскопии) [9]. Крахмальные зерна отличаются по размеру и имеют простую или сложную структуру – в зависимости от количества сегментов, на которые они распадаются. В ФГБНУ ФНЦО была разработана классификация типов крахмальных зерен сухих семян гороха овощного, по структуре которых можно оценить сорта на пригодность для консервирования зеленого горошка. Крахмальные зёрна можно классифицировать на три типа, которые опосредованно связаны со степенью морщинистости семян:

I тип – простые с радиальными щелями или с двумя сегментами у семян с гладкой поверхностью (рис. 2A);

II тип – сложные, распадающиеся на три и более сегмента, которые чаще всего встречаются у семян с мелкой ячеистостью или мелкими вдавлениями (рис. 2B);

III тип – полуразрушенные простые угловатые сегменты сложных крахмальных зерен с мелкими осколками в виде пыли, характерные для сильно морщинистых семян (рис. 2C).

На длительность периода технической спелости и качество гороха оказывают влияние: форма семян [12], их размер [13], содержание сахара [14] и количество амилозной фракции в крахмале [15; 16]. При этом установлено, что мелкосемянные сорта обладают высоким содержанием амилозы в крахмале и более продолжительным периодом технической спелости [10], поэтому эти сорта наиболее ценятся на рынке зеленого горошка [13]. Следует отметить, что мелкоморщинистые сорта (III типа, рис. 2C)

содержат высокий процент амилозы независимо от крупности семян. Период технической спелости таких высокоамилозных сортов более продолжительный и составляет 5-7 суток с сохранением качества зеленого горошка независимо от погодных условий [12; 17].

Селекция на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам.

Поиск устойчивых и агрономически адаптированных генотипов является серьезной проблемой, которую необходимо решать в приоритетном порядке [18]. В связи с чем, еще одним из важных направлений селекции гороха для стабилизации урожайности посевов является получение и выращивание устойчивых к наиболее вредоносным в регионе на культуре болезням. На селекционных и семеноводческих посевах бобовых культур специалисты центра по иммунитету и защите растений ежегодно проводят скрининг распространенных патогенов, среди которых в условиях Московской области чаще всего встречаются возбудители аскохитоза, ржавчины и фузариоза (рис. 3).

Наличие и степень развития этих болезней зависит от устойчивости анализируемых образцов и погодных условий в период вегетации. В отдельные годы их развитие может носить характер эпифитотий, что, наряду с иммунологической оценкой на искусственном инфекционном фоне, позволяет проводить эффективный отбор устойчивых форм. Среди сортов селекции ФГБНУ ФНЦО источником групповой устойчивости к отмеченным микозам является позднеспелый сорт Триумф с усатым типом листа, устойчивый к полеганию за счет механической прочности стебля (рис. 4).

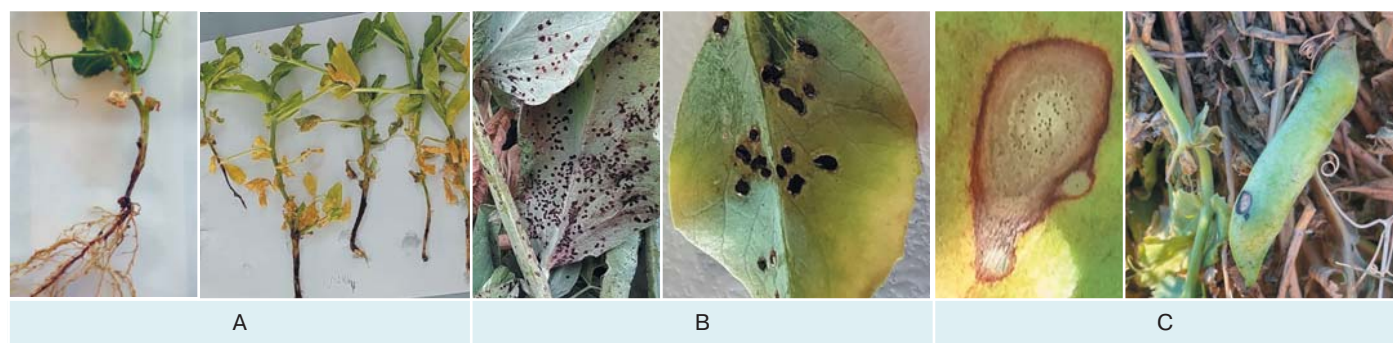


Рис. 3. Распространенные болезни гороха овощного:

A – фузариоз *Fusarium spp.* Link,

B – ржавчина *Uromyces pisi* Schroet, C – аскохитоз *Ascochyta pinodes* Jones и *Ascochyta pisi* Libert

Fig. 3. Common diseases of vegetable peas: A – fusarium *Fusarium spp.* Link,

B – rust *Uromyces pisi* Schroet, C – ascochyta *Ascochyta pinodes* Jones and *Ascochyta pisi* Libert

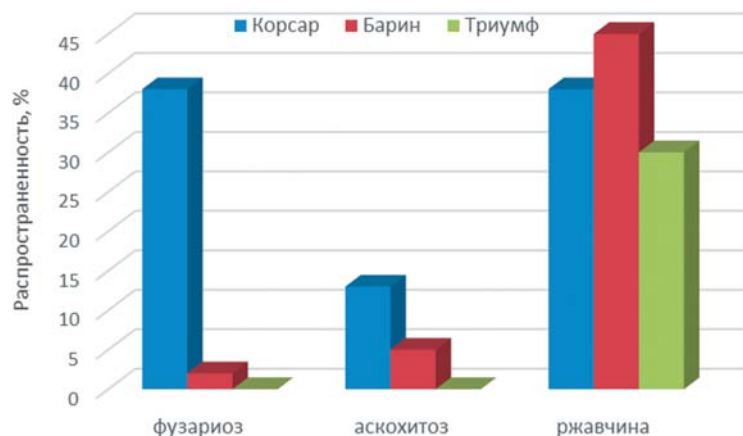


Рис. 4. Распространенность микозов на сортах гороха овощного (естественный инфекционный фон, МО, 2022 год)
Fig. 4. Prevalence of mycoses on vegetable pea varieties (natural infectious background, MO, 2022)

Знания ученых иммунологов о генетике устойчивости расширяются, и теперь у гороха идентифицированы молекулярные маркеры, связанные с генами/QTL (локусами количественных признаков) устойчивости ко многим заболеваниям и абиотическим стрессам [20-23]. Применение таких знаний по картированию на культуре гороха дает возможность использовать в селекционных программах молекулярные маркеры генов, связанных с устойчивостью ко многим патогенам [24-27]. Эти внедряемые геномные ресурсы позволяют отработать эффективную стратегию планирования борьбы с важными возбудителями и ускорять получение сортов гороха устойчивых к распространенным патогенам.

В последние годы селекционеры и семеноводы-оригинаторы центра, помимо распространенных в регионе болезней на горохе, сталкиваются с симптомами физиологического нарушения развития семян. Такое образования некротических пятен на поверхности семядолей, встречаются и на других зернобобовых культурах, не зависимо от сорта и эколого-географической зоны выращивания, причиной этого явления становится вторичное (дождевое) увлажнение семян, ещё не убранных в поле созревших растений [19]. Оно выражается в деформации и нарушении целостности внешней оболочки в виде разводов и трещин, предположительно, в результате резких колебаний влажности в период налива и созревания (рис. 5). Несмотря на отсутствие патогенов и сохранения жизнеспособности, полученные семена все же теряют свои товарные качества из-за внешнего вида, их приходится отбраковывать,

что приводит к большим потерям и соответствующим затратам при размножении культуры.

Основную оценку устойчивости к этому повреждению селекционных образцов и сортов в основном проводили при ведении оригинального и репродуктивного семеноводства. Селекционер же при отборе перспективного материала, особенно в первых поколениях, не бракует особо ценные продуктивные формы с данными симптомами, но учитывает этот признак при дальнейшей работе с ними. В настоящее время в центре изучаются причины этого явления, разрабатываются методические подходы ведения селекции в данном направлении, а также ведется поиск агротехнических мероприятий, которые позволят снизить риск действия стрессов, приводящих к такому физиологическому нарушению.

Селекция на продуктивность и устойчивость

стебля к полеганию. Урожайность гороха определяется количеством сформировавшихся продуктивных узлов на растении, числом завязавшихся бобов на узле и числом семян в бобе. Данные признаки во многом зависят от погодных условий [28], так как засуха и в первую очередь сроки ее наступления, отрицательно влияют на эти показатели. Решением данной проблемы может служить применение орошения, которое приведет к снижению стресса и увеличению урожайности гороха овощного. Еще одним решением может служить создание сортов гороха различных сроков созревания, обладающие высоким адаптивным потенциалом к неблагоприятным факторам внешней среды [29; 30]. То есть, внесенные изменения в генотип должны быть направлены не только на повышение урожайности, но и должны учитывать отношение новых форм к различным стрессам, которые во многих странах заметно изменяются в последние годы. Причем для усовершенствования новых сортов гороха, имеющих новые признаки морфотипа, необходимо углубленное изучение зависимости урожайности и составляющих элементов продуктивности таких форм [31; 32].

Также к основным лимитирующим факторам урожайности гороха относится полегание стебля, которое способствует распространению болезней, снижает урожайность высокопродуктивных сортов и приводит к увеличению затрат при их производстве [33; 34].

Мировая селекция десятилетиями решала проблему устойчивости стебля гороха овощного к полеганию за счет модификации архитектуры растения, что привело к получению более стабильных и высоких урожаев. Из «лианы» в 1,5 – 3 метра растение гороха преобразовалось в полукарликовое с укороченными междоузлиями, длиной стебля 50-80 см с оптимальным числом продук-



Рис. 5. Симптомы физиологического нарушения оболочки семян гороха овощного (сорт Триумф, 2022 год)
Fig. 5. Symptoms of physiological disturbance of the shell of vegetable pea seeds (Triumph variety, 2022)

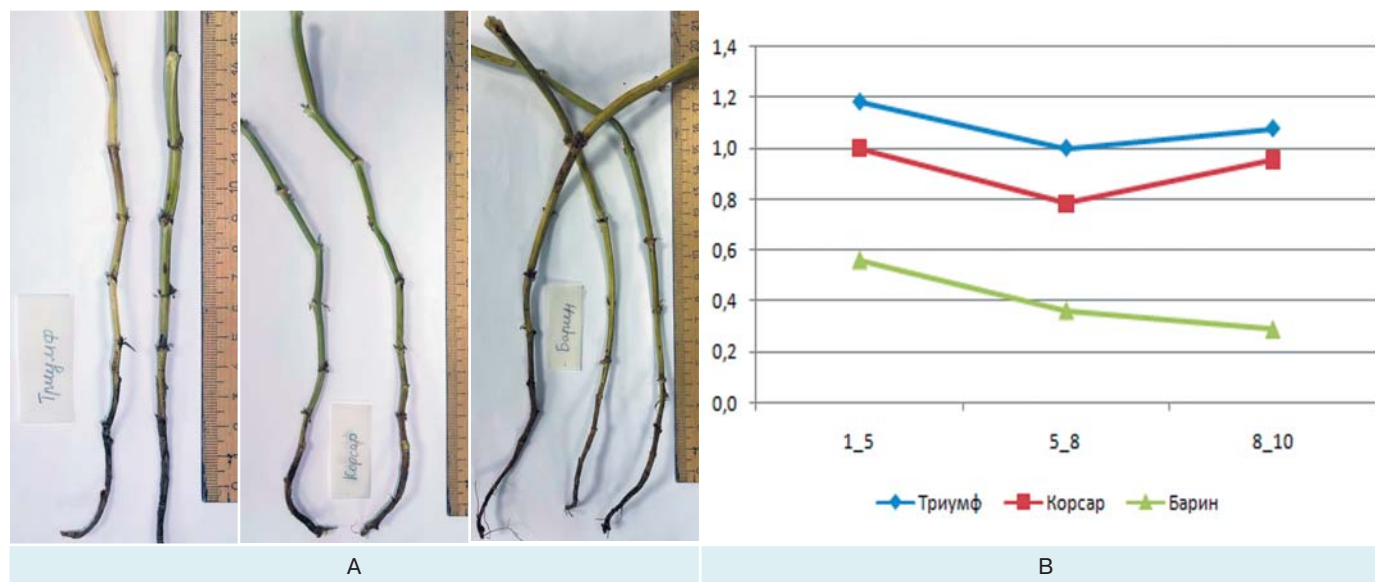


Рис. 6. Оценка прямолинейности (А) и удельная плотность стебля* (В) растений различных сортов гороха овощного; УПС* = масса стебля/объем стебля
Fig. 6. Estimation of straightness (A) and specific density of the stem* (B) of plants of various varieties of vegetable peas; SDS* = stem mass /stem volume

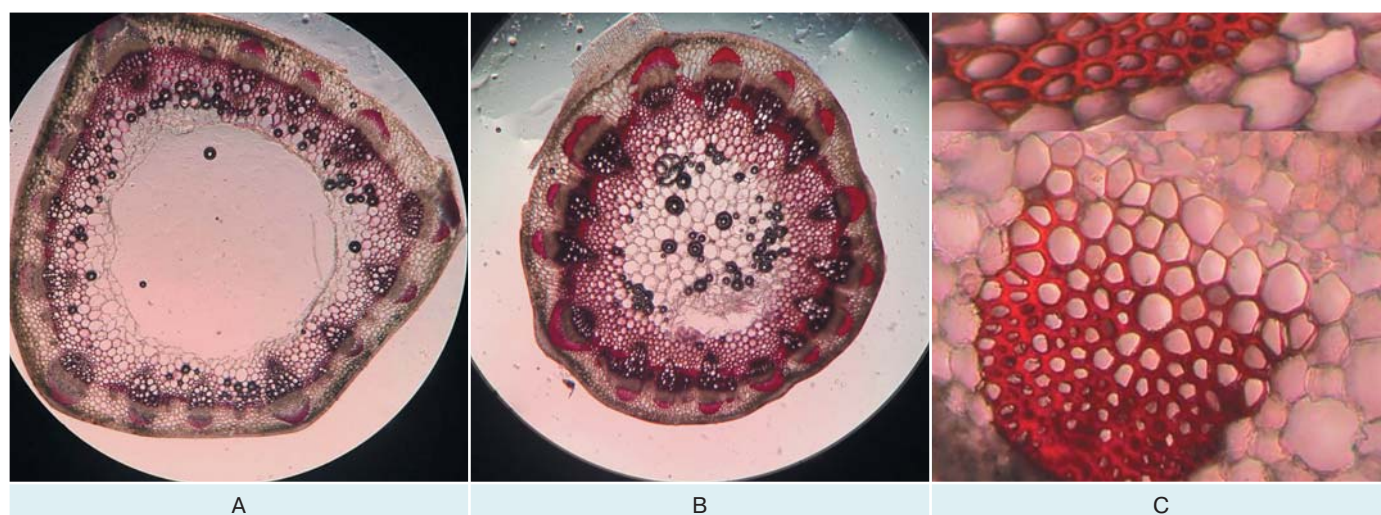


Рис. 7. Микроскопия поперечных срезов стебля гороха овощного полегающего сорта Виола (А), неполегающего сорта Триумф (В) и накопление лигнина в обкладке клеток (С)
Fig. 7. Microscopy of cross sections of the stem of vegetable peas of the lying variety Viola (A), non-lying variety Triumph (B) and accumulation of lignin in the cell lining (C)

тивных узлов. К созданию полукарликовых форм добавили видоизменения листовых пластинок – усатые формы (ген af) [3; 35; 36]. Благодаря усикам растения более активно скрепляются между собой, в результате чего устойчивость растений повышается [37; 38]. Неполегаемость растений гороха связана также с более прочными и толстыми стенками стебля и более высокой кинетической энергией, необходимой для его разрезания [39; 40]. Ученые установили, что прочность стебля гороха коррелирует с такими признаками как сила сгибания, толщина сжатого стебля и диаметр стебля, однако, стоит заметить, что наследуемость этих признаков достаточно низкая [33; 41].

Исследование индетерминантных сортов гороха овощного селекции ФГБНУ ФНЦО с различной устойчивостью к полеганию выявили существенные различия между ними по форме и строению стебля. В фазу технической спелости бобов устойчивый сорт Триумф имел прямолинейный стебель, у сорта Корсар отмечена слабая изогнутость и четко выраженная наблюда-

лась у стебля полегающего сорта Барин (рис. 6А). Оценка удельной плотности также показала существенное преимущество сорта Триумф в механической прочности стебля перед сортами Барин и Корсар (рис. 6В), как и сравнение анатомического строения стебля по срезам с подкрашиванием лигнина с помощью флороглюцина (Phloroglucinol for microscopy), который содержится в склеренхимной обкладке и обеспечивает прочность этих тканей. Микроскопия препаратов с поперечными срезами стебля между 4 и 5 узлами у устойчивого к полеганию сорта Триумф и полегающего сорта Виола показала, что сорт Триумф имеет более округлый поперечный срез, четко выраженные крупные коллатеральные проводящие пучки, наибольшее количество склеренхимной ткани, заполненную паренхимой сердцевину – внутреннюю полость (рис. 7А). Тогда как срез у полегающего сорта Виола, заметно отличался – имел большую внутреннюю полость, коллатеральные пучки с менее четкой склеренхимной обкладкой, менее выраженный слой камбия (рис. 7В).

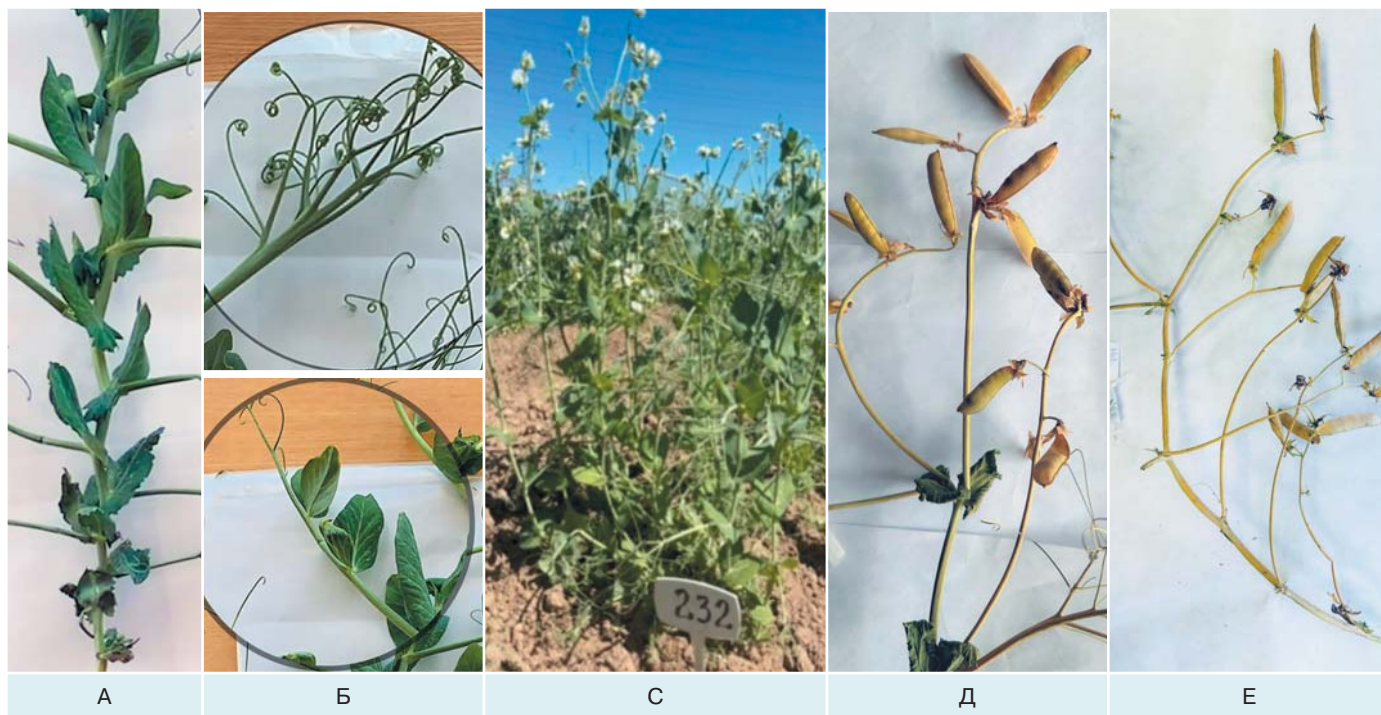


Рис. 8. Признаки морфотипа гороха овощного: А – укороченные междоузлия, В – усатый и простой тип листа, С – образец с детерминантным типом роста стебля и усатым типом листа, Д – детерминантный образец с 2,5 продуктивными узлами, Е – детерминантный образец с 6,5 продуктивными узлами.

Fig. 8. Signs of the morphotype of vegetable peas: А – shortened internodes, В – whiskered and simple leaf type, С – a sample with a determinant type of stem growth and a whiskered leaf type, D – a determinant sample with 2,5 productive nodes, E – a determinant sample with 6,5 productive nodes.

Таким образом, проблему полегания стебля селекционеры центра решают путем создания новых морфотипов, используя такие признаки как прочный стебель, укороченные междоузлия (рис. 8А), усатый тип листа (рис. 8В), детерминантный тип роста стебля (рис. 8С). В лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур в результате использования классических методов селекции были получены формы, обладающие сочетанием таких признаков. Однако в процессе работы было отмечено, что такие формы, в основном характеризовались низкой продуктивностью, формируя от 1,5 до 2,5 продуктивных узлов на растении (рис. 8Д).

Направленная селекция по увеличению продуктивности, позволила в результате применения насыщающих скрещиваний увеличить число продуктивных узлов таких растений до 4,5-6,5 (рис. 8Е). Образцы такого морфотипа являются перспективными в решении проблем механизированной уборки культуры.

В результате проведенных скрещиваний в ФГБНУ ФНЦО в условиях защищенного грунта в зимне-весенний период 2019 года был получен индетерминантный полукарликовый образец среднеспелой группы спелости (15 непродуктивных узлов). Он имел высокие показатели продуктивности: до пяти-семи продуктивных



Рис. 9. Выделенный образец №239 гороха овощного с высокой продуктивностью и зелеными мозговыми семенами, 2022 год (А – начало биологической спелости, В – полная биологическая спелость, С – семена)

Fig. 9. Isolated sample №239 of vegetable peas with high productivity and green brain seeds, 2022 (A – the beginning of biological ripeness, B – full biological ripeness, C – seeds)

узлов, высокое число бобов на узле (пять штук), семь-девять семян в бобе. Таким образом, число бобов с растения у полученного образца достигало тридцати, а семян с растения – 150-180 штук. А наличие зеленой окраски семядолей и морщинистой поверхности семян с массой 1000 штук в пределах 170-180 грамм позволяет его отнести к перспективным для использования в консервной промышленности (рис. 9).

Растения и семена полученного образца – здоровые, без повреждений, что позволяет судить о наличии у данного образца устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды. В 2023 году образец из селекционного питомника передан на испытание в контрольный питомник лаборатории для дальнейшей оценки.

Заключение

В ФГБНУ ФНЦО ведутся исследования в области селекции и семеноводства гороха овощного уже более ста лет. В настоящее время, как и на протяжении всего периода селекционной работы с культурой, приоритетными направлениями являются: качество зеленого горошка; пригодность к механизированной

уборке, увеличение устойчивости к болезням и различным абиотическим стрессам, урожайность.

Ученые центра создают новые и размножают уже востребованные сорта как для производства консервов «зеленый горошек», так и для садоводов-любителей. Также на основе ранее полученного устойчивого к полеганию сорта Триумф с прочным стеблем, ведутся исследования на данный признак. Сорт Триумф ежегодно используется в комбинациях прямых и обратных скрещиваний в качестве родителя (материнского или отцовского), с последующим отбором перспективных форм с сочетанием хозяйственно ценных признаков. При проведении гибридизации также используют мелкосемянные образцы для получения устойчивых к полеганию форм разных групп спелости с высоким качеством горошка. Одновременно на семеноводческих и селекционных посевах, в том числе и опытных, ведется скрининг болезней и вредителей специалистами по иммунитету и защите растений. В последние годы получена селекционно ценная форма с высокой продуктивностью, которая уже включена в селекционные питомники сортоиспытаний.

Об авторах:

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, SPIN-код: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, автор для переписки, kaigorodova-i@mail.ru

Ирина Петровна Котляр – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, SPIN-код: 6085-2235, <https://orcid.org/0000-0002-0458-9698>; irinacotlyar@yandex.ru

Владимир Анатольевич Ушаков – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства овощных бобовых культур; SPIN-код: 2133-3040; <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>; goroh@vniissok.ru

Ирина Александровна Енгальчева – зав. лабораторией молекулярно-иммунологических исследований; SPIN-код: 2084-2830; <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>; engirina1980@mail.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований; <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>; kozar_eg@mail.ru

About the Authors:

Irina M. Kaigorodova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, SPIN-code: 5250-2641, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, Correspondence Author, kaigorodova-i@mail.ru

Irina P. Kotlyar – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-0458-9698>; irinacotlyar@yandex.ru

Vladimir A. Ushakov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>; goroh@vniissok.ru

Irina A. Engalychева – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4843-111x>; engirina1980@mail.ru

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

• Литература

1. FAOSTAT, 2021.
2. Foyer C.H., Lam H.M., Nguyen H.T. et al. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*. 2016;2:1-10. DOI:10.1038/NPLANTS.2016.112.
3. Khan T.N., Mdeldrum A., Croser J.S. et al. Pea: Overview. In *Encyclopedia of Food Grains*, 2nd ed.; Academic Press: Oxford. UK. 2016;1:324–333.
4. Lado B., Vazquez D., Quincke M. et al. Resource allocation optimization with multi-trait genomic prediction for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) baking quality. *Theor. Appl. Genet.* 2018;131:2719–2731. DOI:10.1007/s00122-018-3186-3.
5. Falconer D.S., Mackay T.F.C. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Pearson/Longman: Harlow. UK. 1996.
6. Jia Y., Jannink J.L. Multiple-trait genomic selection methods increase genetic value prediction accuracy. *Genetics*. 2012;192(4):1513–1522. DOI:10.1534/genetics.112.144246.
7. Lee R.C., Grime C.R., O'Driscoll K. et al. Field pea (*Pisum sativum*) germplasm screening for seedling ascochyta blight resistance and genome-wide association studies reveal loci associated with resistance to *Peyronella pinodes* and *Ascochyta koelunga*. *Phytopathology*. 2023;113(2):265-276. DOI:10.1094/PHYTO-02-22-0051-R.
8. Котляр И.П., Добруцкая Е.Г. особенности корреляций между количественными признаками родительских форм и гибридов пер-

вого поколения гороха овощного. *Овощи России*. 2013;(1):26-29. DOI: 10.18619/2072-9146-2013-1-26-29. EDN QCJHMD.

9. Кайгородова И.М., Ушаков В.А., Голубкина Н.А., Котляр И.П., Пронина Е.П., Антошкина М.С. Пищевая ценность, качество сырья и продовольственное значение культуры гороха овощного (*Pisum sativum* L.). *Овощи России*. 2022;(3):16-32. DOI:10.18619/2072-9146-2022-3-16-32. EDN WLXVHJ.

10. Путина О.В. Селекционная ценность овощного гороха разных морфотипов в условиях Краснодарского края. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Санкт Петербург. 2018;18 с.

11. Ломачинский В.А., Мегердичев Е.Я. Требования к качеству зеленого горошка для консервирования, замораживания и сушки. *Сборник научных трудов ВНИИССОК*. М. 2009;(43)99–104.

12. Пронина Е.П., Котляр И.П., Кайгородова И.М., Ушаков В.А. Направления селекции гороха овощного консервного использования во ВНИИССОК. *Овощи России*. 2014;(4):28–29. DOI:10.18619/2072-9146-2014-4-28-29. EDN TJALAP.

13. Ушаков В.А., Котляр И.П., Кайгородова И.М. Селекция гороха овощного для консервной промышленности с мелким размером зерна. *Овощи России*. 2021;(2):5-10. DOI:10.18619/2072-9146-2021-2-5-10. EDN ATMMFJ.

14. Bastianelli D., Grosjean F., Peyronnet C., Duparque M., Régnier J. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.) Chemical composition of different categories of pea. *Animal science*. 1998;67(3):609–619.

DOI:10.1017/S1357729800033051.

15. Княгиничев М.И., Самарина Л.Н. Содержание и свойства крахмала овощных сортов гороха в процессе созревания. *Прикладная биохимия и технология*. Т.IX. 1973;(3):436–442.
16. Самарин Н.А., Самарин С.Н. Конвейер сортов гороха овощного для консервной промышленности. *Овощи России*. 2013;(1):68–72. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-68-72. EDN QCJHPZ.
17. Котляр И.П., Пронина Е.П., Ушаков В.А., Бландинский Е.В. Сорта гороха овощного консервного использования селекции ВНИИССОК. *Овощи России*. 2012;(2):38–40. DOI:10.18619/2072-9146-2012-2-38-40. EDN PCCZUZ.
18. Martins D., Araujo S.D.S., Rubiales D., Vaz Patto M.C. Legume crops and biotrophic pathogen interactions: A continuous cross-talk of a multilayered array of defense mechanisms. *Plants*. 2020;(9):1460. DOI: 10.3390/plants9111460.
19. Зеленцов С.В., Саенко Г.М., Мошненко Е.В., Будников Е.Н. Первичная причина развития семядольного бактериоза у сои и других зернобобовых культур. *Масличные культуры*. 2021;1(185):73–89. DOI: 10.25230/2412–608X–2021–1–185–73–89.
20. Singh A.K., Kushwaha C., Singh A.K. et al. Rust (*Uromyces viciae-fabae* Pers. de-Bary) of Pea (*Pisum sativum* L.): Present Status and Future Resistance Breeding Opportunities. *Genes*. 2023;14(2):374. DOI: 10.3390/genes14020374.
21. Kushwaha C., Chand R., Singh A.K., Kumar M., Srivastava C.P. Differential Induction of β -1, 3-Glucanase Gene in Expression of Partial Resistance to Rust (*Uromyces fabae* (Pers.) de-Bary) in Pea (*Pisum sativum* L.). *Russ. J. Plant Physiol.* 2018;65:697–701. DOI:10.1134/S1021443718050114.
22. Yadav A.S., Singh A.K., Chand R., Vaish S.S. Genetic characterization and population structure of pea (*Pisum sativum* L.) by molecular markers against rust (*Uromyces viciae-fabae*) in newly developed genotypes. *Sustainability*. 2022;14(22):15082. DOI:10.3390/su142215082.
23. Ijaz U., Sudheesh S., Kaur S. et al. Mapping of two new rust resistance genes Uvf-2 and Uvf-3 in faba bean. *Agronomy*. 2021;11(7):1370. DOI:10.3390/agronomy11071370.
24. Singh J., Sirari A., Singh H. et al. Identifying and validating SSR markers linked with rust resistance in lentil (*Lens culinaris*). *Plant Breed.* 2021;(140):477–485. DOI: 10.1111/pbr.12917.
25. Wu X., Wang B., Xin Y. et al. Unravelling the genetic architecture of rust resistance in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by combining QTL-Seq and GWAS analysis. *Plants*. 2022;11(7):953. DOI:10.3390/plants11070953.
26. Devi J., Mishra G.P., Sagar V. et al. Gene-based resistance to erysiphe species causing powdery mildew disease in peas (*Pisum sativum* L.). *Genes*. 2022;13:316. DOI:10.3390/genes13020316.
27. Yan J., Chen J., Lin Y. et al. Mapping of quantitative trait locus reveals PsXI gene encoding xylanase inhibitor as the candidate gene for bruchid (*Callosobruchus* spp.) resistance in pea (*Pisum sativum* L.). *Front. Plant Sci.* 2023;(14):1057577. DOI:10.3389/fpls.2023.1057577.
28. Dacko M., Zając T., Synowiec A. et al. New approach to determine biological and environmental factors influencing mass of a single pea (*Pisum sativum* L.) seed in Silesia region in Poland using a CART model. *Eur J Agron.* 2016;(74):29–37. DOI:10.1016/j.eja.2015.11.025.
29. Benezit M., Biarnes V., Jeufroy M.H. Impact of climate and diseases on pea yields: what perspectives with climate change? *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*. 2017;24(1):D103. DOI:10.1051/oicl/2016055.
30. Klimek-Kopyra A., Zając T., Skowera B., Styrz N. The effect of water shortage on pea (*Pisum sativum* L.) productivity in relation to the pod position on the stem. *Acta Agrobot.* 2017;70(3):1719. DOI:10.5586/aa.1719.
31. Vasileva V., Kosev V., Kaya Y. Evaluation of forage pea lines in regard to earliness and grain yield. Proceedings of II. International agricultural, biological & life science conference. Edirne, Turkey. 2020;1145–1150.
32. Kalapchieva S., Vasileva V., Kosev V., Yalcin K. Dependency analysis of quantitative traits and grain productivity in garden pea (*Pisum sativum* L.) III. Balkan Agriculture Congress, Conference Paper. Edirne, Turkey. 2021;19–23.
33. Smithchger J., Weeden N. Quantitative trait loci controlling lodging resistance and other important agronomic traits in dry field peas. *Crop Science*. 2019;(59):1442–1456. DOI:10.2135/cropsci2018.04.0260.
34. Taran B., Warkentin T., Somers D.J. et al. Quantitative trait loci for

- lodging resistance, plant height and partial resistance to mycosphaerella blight in field pea (*Pisum sativum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2003;(107):1482–1491. DOI: 10.1007/s00122-003-1379-9.
35. Siddique K.H.M., Erskine W., Hobson K., Knights E.J. et al. Cool-season grain legume improvement in Australia – Use of genetic resources. *Crop Pasture Science*. 2013;(64):347–360. doi.org/10.1071/CP13071.
36. Warkentin T.D., Smykal P., Coyne C.J. et al. Grain Legumes. NY, USA. 2015;37–83.
37. Зеленев А.Н., Задорин А.М., Зеленев А.А., Кононова М.Е. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020;1(33):4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147. EDN BZYCUW.
38. Mikic A., Mihailovic V., Cupina B. et al. Genetic background and agronomic value of leaf types in pea (*Pisum sativum*). *Ratar. i Povrt.* 2011;48:275–284.
39. Skubisz G., Kravtsova T.I., Velikanov L.P. Analysis of the strength properties of pea stems. *Int. Agrophys.* 2007;(21):189–197.
40. Кайгородова И.М., Голубкина Н.А., Ушаков В.А. Изучение устойчивости гороха овощного (*Pisum sativum* L.) к полеганию. Конференция «100 лет научному обеспечению эффективного использования генетических ресурсов бобовых в России». *Тезисы докладов. ВИР*. 2022;362–363. DOI 10.30901/978-5-907145-90-0.
41. Beeck C.P., Wroth J.M., Cowling W.A. Additive genetic variance for stem strength in field pea (*Pisum sativum*). *Aust. J. Agric. Res.* 2008;59:80–85. DOI:10.1071/AR07069.

• References (In Russ.)

8. Kotlyar I.P., Dobrutskaia E.G. Correlation features between quantitative traits of the parental forms and hybrids of the first generation of pea. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):26–29. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-26-29. EDN QCJHMD. (In Russ.)
9. Kaigorodova I.M., Ushakov V.A., Golubkina N.A., Kotlyar I.P., Pronina E.P., Antoshkina M.S. Nutritional value, quality of raw materials and food value of vegetable pea culture (*Pisum sativum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):16–32. DOI:10.18619/2072-9146-2022-3-16-32. (In Russ.). EDN WLXVHJ.
10. Putina O.V. Breeding value of vegetable peas of different morphotypes in the conditions of the Krasnodar region. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Saint Petersburg. 2018;18p. (In Russ.).
11. Lomachinsky V.A., Megerdichev E.Y. Requirements for the quality of green peas for canning, freezing and drying. Collection of scientific works. VNISSOK. M. 2009;(43)99–104. (In Russ.)
12. Pronina E.P., Kotlyar I.P., Kaygorodova I.M., Ushakov V.A. Aspects of breeding in vniissok of green pea for canning. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(4):28–29. DOI:10.18619/2072-9146-2014-4-28-29. (In Russ.). EDN TJALAP.
13. Ushakov V.A., Kotlyar I.P., Kaigorodova I.M. Selection of green peas for the canning industry with a small grain size. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(2):5–10. DOI:10.18619/2072-9146-2021-2-5-10. (In Russ.). EDN ATMMFJ.
15. Knyaginichev M.I., Samarina L.N. The content and properties of starch of vegetable varieties of peas in the ripening process. *Applied biochemistry and technology*. Vol.IX. 1973;(3):436–442. (In Russ.).
16. Samarina N.A., Samarina S.N. Characteristics of chain of pea varieties for vegetable canning. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):68–72. DOI:10.18619/2072-9146-2013-1-68-72. (In Russ.). EDN QCJHPZ.
17. Kotlyar I.P., Pronina E.P., Ushakov V.A., Blandinsky E.B. Canning green pea varieties of vniissok breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(2):38–40. DOI:10.18619/2072-9146-2012-2-38-40. (In Russ.). EDN PCCZUZ.
37. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A., Kononova M.E. Selection of whiskered varieties of peas in the Federal Research Center for Legumes and cereals. *Legumes and Groat Crops*. 2020;1(33):4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147. (In Russ.) EDN BZYCUW.
40. Kaigorodova I.M., Golubkina N.A., Ushakov V.A. A study of lodging resistance in garden pea (*Pisum sativum* L.). Conference «100 years of scientific support for the effective use of legume genetic resources in Russia». Abstracts of reports. VIR. 2022;362–363. DOI 10.30901/978-5-907145-90-0. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-13-22>
УДК 635.345:631.524.85

А.Д. Заставнюк^{1*}, Г.Ф. Монахос²,
С.Г. Монахос¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

² ООО «Селекционная станция им. Н.Н. Тимофеева» 127550, Россия, г. Москва, ул. Пасечная, д.5

*Автор для переписки:
a.zastavnyuk@rgau-msha.ru

Вклад авторов: Заставнюк А.Д. – проведение молекулярно-генетического анализа; выращивание растений; оценка устойчивости / восприимчивости к мучнистой росе; получение удвоенных гаплоидов капусты пекинской; взвешивание и учет продуктивности кочанов; статистический анализ; подготовка статьи. Монахос Г.Ф. – гибридизация; выращивание растений; консультации и общее руководство. Монахос С.Г. – общее руководство и окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Заставнюк А.Д., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г.. Получение и оценка селекционного материала для создания F₁ гибридов капусты пекинской (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) с устойчивостью к стрессовым факторам. *Овощи России*. 2023;(4):13-22.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-13-22>

Поступила в редакцию: 31.05.2023

Принята к печати: 16.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Anastasia D. Zastavnyuk^{1*},
Grigory F. Monakhos², Sokrat G. Monakhos¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia

² Breeding Station named after Nikolay N. Timofeev Pasechnaya str., 5, Moscow, 127550, Russia

*Corresponding Author:
a.zastavnyuk@rgau-msha.ru

Authors' contributions: A.D. Zastavnyuk – conducting molecular genetic analysis; plants cultivation; assessment of resistance / susceptibility to powdery mildew; obtaining doubled haploids of Chinese cabbage; weighing plants and recording heads productivity; statistical analysis; preparation of the article. G.F. Monakhos – hybridization; plants cultivation; consultations and general guidance. S.G. Monakhos – general guidance and final approval of the article version for publication.

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

For citations: Zastavnyuk A.D., Monakhos G.F., Monakhos S.G. Obtaining and evaluating breeding material for the creation of F₁ hybrids of Chinese cabbage (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) with resistance to stress factors. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):13-22. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-13-22>

Received: 31.05.2023

Accepted for publication: 16.06.2023

Published: 05.07.2023

Получение и оценка селекционного материала для создания F₁ гибридов капусты пекинской (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) с устойчивостью к стрессовым факторам



Резюме

Актуальность и цель исследования. Капуста пекинская – овощная культура с высоким содержанием витаминов и низкой калорийностью, ценится за возможность получать несколько урожаев в год и высокую продуктивность. В последнее время поставки овоща в Россию сократились. В Госреестре менее 70 сортов и гибридов культуры, многие восприимчивы к важнейшим заболеваниям. Необходимо удовлетворить потребительский спрос и пополнить Госреестр новыми продуктивными коммерческими гибридами с устойчивостью к стрессорам. Цель исследования состояла в оценке и создании генотипов с набором ценных хозяйственных признаков, включая устойчивость к киле, мучнистой росе, раннему стеблеванию.

Материалы и методы. В качестве растительного материала были использованы линии капусты пекинской различной степени инбредности и ДН, а также гибридные комбинации от скрещивания этих линий. Линии получены в 2019-2020 годах, селекционный материал для них отбирали на провокационных фонах по устойчивости к киле и толерантности к внутреннему ожогу кочанов. Использовали следующие методы: выращивание растений; выделение ДНК (метод СТАВ); ПЦР-анализ; электрофорез и визуализация результатов; оценка продуктивности и дисперсионный анализ; создании удвоенных гаплоидов в культуре изолированных микроспор *in vitro*; оценка устойчивости / восприимчивости к мучнистой росе.

Результаты. Рекомендованы 2 генотипа с высокой продуктивностью и выровненностью в обороте лето-осень 2022 года, выявлен генотип, превысивший 3 стандарта по массе кочана в обороте весна-лето 2022 года; в результате молекулярного генотипирования проведена дифференциация 41 линии по гену устойчивости к киле CRb; получены ДН растения для 4 генотипов с устойчивостью к стеблеванию, изучена их отзывчивость к эмбриогенезу; проведена оценка 18 линий на устойчивость к мучнистой росе, выделены 7 генотипов с устойчивостью к заболеванию.

Ключевые слова: капуста пекинская, *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*, кила, *P. brassicae*, мучнистая роса, устойчивость, молекулярно-генетический анализ, удвоенные гаплоиды

Obtaining and evaluating breeding material for the creation of F₁ hybrids of Chinese cabbage (*B. rapa* ssp. *pekinensis*) with resistance to stress factors

Abstract

Relevance and purpose of the study. Chinese cabbage is a vegetable crop with a high content of vitamins and low calorie content, valued for its ability to receive several crops per year and high productivity. Recently, there has been a reduction in the supply of the vegetable to Russia. There are less than 70 varieties and hybrids of the crop in the State Register of Selection Achievements, many of them are susceptible to the most important diseases. It is necessary to meet consumer demand with new commercial hybrids with resistance to stressors. The aim of the study was to evaluate and obtain genotypes with a set of valuable economic traits, including resistance to clubroot, powdery mildew, and early bolting.

Materials and methods. The Chinese cabbage lines of various degrees of inbred and DH, as well as hybrid combinations from crossing these lines, were used as plant material. The lines were obtained in 2019-2020, the breeding material for them was selected on the ground infected with clubroot and with tolerance to tip burn of heads. To achieve the goal, the following methods were applied: plants cultivation; DNA isolation (CTAB method); PCR analysis; electrophoresis and visualization of results; productivity assessment and dispersion analysis; obtaining doubled haploids in culture of isolated microspores *in vitro*, assessment of resistance/susceptibility to powdery mildew.

Results. 2 genotypes with high productivity and alignment in turnover summer-autumn 2022 and a genotype exceeding 3 standards in head weight in turnover spring-summer 2022 were recommended; as a result of molecular genotyping, 41 lines were differentiated according to the clubroot resistance gene CRb; DH plants for 4 genotypes with resistance to early bolting were obtained, their responsiveness to embryogenesis was studied; 18 lines were evaluated for resistance to powdery mildew, 7 genotypes with resistance to the disease were identified.

Keywords: Chinese cabbage, *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*, clubroot, *P. brassicae*, powdery mildew, resistance, molecular genetic analysis, doubled haploids

Введение

Капуста пекинская – важный и ценный для рациона питания человека овощ, неизменный ингредиент многих диет из-за низкой калорийности и хорошего биохимического состава. Например, в ней много витамина С, В5, В2, витамина РР, противовоспалительного витамина U, β-каротина, белков и клетчатки. Она содержит также незаменимую аминокислоту лизин, которая способствует активному очищению крови [1].

Культуру возделывают как однолетнее растение, хотя по своей природе это двулетник. Овощ любят и широко выращивают во всем мире: это Северный и Северо-Восточный Китай, Япония, Америка, Австралия, Юго-Восточная Азия [2]. Ежегодная посевная площадь пекинской капусты в Китае достигает 2,67 млн. гектаров, что составляет 15% от общей посевной площади овощей, с выходной стоимостью почти 60 млрд. юаней [2].

В странах Европы также возделывают и потребляют культуру. Так, в Польше площадь её производства ежегодно составляет 5-7 тыс. га и зависит от гибридов F₁, поставляемых иностранными семеноводческими компаниями [3]. А в Австрии по данным компании Statista (2022), в 2020/21 году годовой объем потребления пекинской капусты составил около 32,6 тыс. тонн¹.

Привлекательность производства культуры заключается в высокой оптовой цене реализации и спросе, высокой урожайности (до 60 т с 1 га), а также в возможности получать два урожая в год [4]. Популярность капусты пекинской в России продолжает развиваться и в промышленном, и в частном овощеводстве. В данный период в стране посевные площади увеличиваются под культуры азиатских подвидов *Brassica*, и снижаются под корнеплодной репой [5]. Однако значительная доля потребляемой пекинской капусты импортируется в Россию из других стран. По материалам исследований АБ-Центра (2022), импорт культуры за пять лет был сокращен примерно на 58% [4] (рисунок 1).

Поэтому необходимо иметь отечественный сортимент гибридов пекинской капусты, чтобы обеспечить импортозамещение.

По состоянию на ноябрь 2022 года в Госреестр включено 16 отечественных сортов и 52 гибрида F₁ пекинской капусты, 48% из которых зарубежные [4].

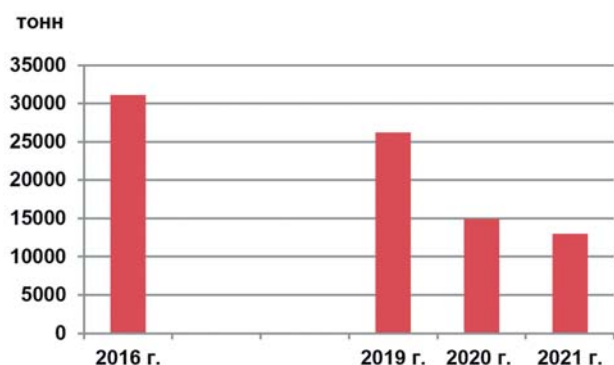


Рис. 1. Объем импорта пекинской капусты в Россию
Fig. 1. Import volume of Chinese cabbage to Russia

¹ Consumption volume collards & cabbages Austria 2008-2020 § Statista [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/482483/consumption-volume-collards-and-chinese-cabbages-austria/>, свободный

Для сравнения, в Японии зарегистрировано более 300 гибридов. На урожайность капустных культур негативно влияют различные патогены, в том числе бактериальные, вирусные и грибковые инфекции [5]. Многие сорта и гибриды Госреестра восприимчивы к наиболее опасным патогенам. Такие заболевания, как кила (возбудитель *Plasmodiophora brassicae*), верхушечный ожог (некроз капусты), альтернариоз (возбудители *Alternaria brassicae*, *A. brassicicola*) и мучнистая роса (возбудитель *Erysiphe communis* f. sp. *brassicae* Hammarl.), хотя и не входят в перечень карантинных объектов на территории России и Евразийского экономического союза, обычно поражают значительную часть посевных площадей и приводят к ощутимой потере и снижению товарной продукции. Создание устойчивых к этим патогенам сортов является важным направлением в селекции. По состоянию на ноябрь 2022 г. устойчивость к киле имеют всего 29% гибридов капусты пекинской Госреестра, только 13% из которых отечественной селекции, менее 3% гибридов устойчивы к краевому некрозу, нет гибридов с толерантностью к альтернариозу.

Устойчивость к раннему стеблеванию, очень важную ввиду биологической особенности культуры, имеют всего 13% сортов Госреестра и только половина рекомендованных для выращивания растений имеют закрытую вершину кочана. Много сортов и гибридов пекинской капусты Госреестра представлены кочанными формами типа Аити (часто недостаточно устойчивыми к стеблеванию) и Чифу (с остроконечным кочаном типа «пуля»), а также гибридами этих сортогрупп с сортами с полукочанным кочаном типа Касин (с устойчивостью к стеблеванию, но часто недостаточно устойчивыми к альтернариозу и вирусу мозаики турнепса) [1].

Для перехода на зеленое сельское хозяйство и производство органической продукции необходимы сорта и гибриды, сочетающие высокую продуктивность и товарность с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам [6]. Для этого нужен селекционный материал, устойчивый к раннему стеблеванию, с высокой продуктивностью, а также с устойчивостью к заболеваниям, таким как кила, внутренний некроз, мучнистая роса.

По своей природе капуста пекинская высоко восприимчива к киле, от которой гибнет до 60% урожая [7]. Возбудитель заболевания *P. brassicae* – эндемичный организм, внутриклеточный паразит, который приводит к гипертрофии и гиперплазии клеток [8]. В результате разрастания паренхимной ткани корней, на корнях образуются клубневые наросты и в результате из-за блокировки проводящей системы растение не получает питание и гибнет. Покоящиеся споры возбудителя килы сохраняют патогенность до 20 лет [9]. Признано, что единственный эффективный способ справиться с заболеванием – выращивание растений с генетической устойчивостью к патогену [9]. Такие растения растут практически без применения пестицидов, к тому же происходит очищение почвы от спящих спор килы, которые прорастают, но не развиваются на корнях устойчивых растений и погибают [4]. При выращивании устойчивых растений дополнительно сохраняется до 40% урожая и это экономически целесообразно.

Лишь в конце XX века удалось получить первые устойчивые к киле (CR) гибриды культуры, когда удалось передать гены резистентности из европейского кормового турнепса (*B. rapa* ssp. *rapifera*) [10]. У *B. rapa* ssp. *pekinensis* и *B. rapa* ssp. *rapifera* одинаковое число хромосом (*B. rapa*, $2n = 20$, AA), поэтому интродукция любого признака между ними не вызывает сложности [11]. Для создания килоустойчивых гибридов и сортов различного назначения необходимо одновременно проводить отбор по CR и другим ценным хозяйственным признакам. Устойчивость, контролируемая одним доминантным геном CR, со временем может быть преодолена с высокой степенью вероятности [12]. Для придания высокой степени устойчивости к широкому спектру рас *P. brassicae* необходимо «пирамидировать» в одном генотипе несколько доминантных генов CR или QTL [13; 14]. Всего у *B. rapa* удалось обнаружить не менее 19 генов / QTL резистентности к *Plasmodiophora brassicae* Wor., которые локализованы на шести группах сцепления [9; 14]. К ключевым генам «главного действия» относят гены *CRa* [15], *CRb* [16], *Crr1* [17], и *CRA05* [18].

При создании F₁-гибридов растений *Brassica* в большинстве развитых стран традиционные методы классической селекции комбинируют с технологиями ускорения селекционного процесса, такими, как методы молекулярного маркирования (для отбора и «пирамидирования» генов), а также создания удвоенных гаплоидов (DH). Их применение позволяет создавать чистые линии с определёнными признаками (например, устойчивостью к киле или раннему стеблеванию) – исходный материал для скрещиваний – за 1-2 года вместо 5-6 лет традиционной селекции [19]. Наиболее эффективным и технологичным способом создания DH-линий является использование метода культуры изолированных микроспор [20]. Гаплоидные растения регенерируют *in vitro* из микроспор, изолированных из пыльников. Технология не универсальна, очень чувствительна к множеству факторов, тем не менее, её широко применяют для различных растений *Brassica*, в том числе для капусты пекинской и китайской [21]. В значительной степени на отзывчивость к микроспорогенному эмбриогенезу влияет генотип культуры. Однако основным преимуществом технологии является высокий выход эмбриоидов и, как следствие, – высокое количество удвоенных гаплоидов [22].

Цель исследования состояла в оценке и создании генотипов с набором ценных хозяйственных признаков, включая продуктивность, устойчивость к киле, мучнистой росе, раннему стеблеванию.

Материалы и методы

Растительный материал. Линии капусты пекинской произведены в 2019–2020 годах из образцов, отобранных на провокационных фонах по устойчивости к киле и толерантности к внутреннему некрозу кочанов. Изучали среднюю массу кочана 36 гибридов от скрещивания этих линий в весенне-летнем обороте и 22 гибрида в летне-осеннем обороте в 2022 г. Выделение перспективных гибридных комбинаций проводили в сравнении с лучшими стандартами: зарубежным гибридом F₁ Bilko и отечественными гибридами F₁ Ника и

F₁ Гидра. Для изоляции микроспор использовали 4 линии различной степени инбридинга: ОКС₂; ЕС₂₋₃×Е₂ки 6112; K₄₃₋₁₅ и K₄₃₋₁₂, устойчивые к раннему стеблеванию.

Выращивание растений и оценка продуктивности. Растения гибридных комбинаций выращивали рассадным способом с использованием кассетной технологии. В весенне-летнем обороте посев семян в кассеты с торфяным субстратом произвели 20 апреля 2022 г., в открытый грунт в многолетний инфекционный фон по киле растения высаживали по схеме 45×35 см² 16 мая 2022 г. с одновременным поливом. Для летне-осеннего оборота посев семян произведен 30 июня 2022 г., в открытый грунт растения высаживали 21 июля 2022 г. по той же схеме. Полевые испытания генотипов были проведены при размещении опытных делянок методом рандомизированных повторений по 8 растений в каждой с двукратной повторностью. Оценка продуктивности проводили в технической зрелости кочана при взвешивании по 4 растения, вычисляя среднюю массу для каждого генотипа. Растения выращивали традиционным способом.

Используемые для введения в культуру микроспор линии посажены в сентябре 2022 г в зимнюю теплицу. Яровизацию проводили в защищенном грунте в зимний период при температуре 4–6°C.

Статистический анализ. Существенность различий в проявлении признака оценивали с помощью дисперсионного анализа на 5%-ном уровне значимости.

Оценка устойчивости к мучнистой росе. Проводили в сложившихся благоприятных для развития заболевания естественных условиях в теплице для растений, посеянных в сентябре 2022 г. Оценка растений проводили по универсальной шкале для листовых пятнистостей [23]: 0 – устойчивое (отсутствие поражения); 1 – толерантное (поражение в виде отдельных белых пятен, до 10% площади листа); 2 – слабовосприимчивое (поражено от 11% до 25% поверхности; поражение в виде отдельных белых пятен, спороношение слабое); 3 – высоковосприимчивое (поражено от 25 до 50% площади листа, поражение в виде крупных пятен, спороношение сильное); 4 – высоковосприимчивое (поражено свыше 50% площади листа, сплошной белый налет). Оценка площади поражения проводили по эскизам листьев [24].

Изоляция и культивирование микроспор. Для изоляции микроспор при помощи штангенциркуля отбирали бутоны длиной 2,5–2,7 мм, содержащие микроспоры поздней одноядерной стадии развития. Изоляцию микроспор проводили по [25; 26]. Стерилизацию бутонов проводили в 2% гипохлорите натрия с добавлением 1–2 капель Твин-20 в течение 10 минут и промывали 3 раза в стерильной воде. Изоляцию микроспор проводили в питательной среде В5, содержащей 13% сахарозы. Простерилизованные ситечки с бутонами последовательно споласкивали в стерильной воде в течение 1, 5 и 10 минут. Бутоны помещали в одноразовые бюксы с добавлением 2 мл стерильной среды В5–13, измельчали плунжерами до суспензии и фильтровали в стерильную пробирку объемом 15 мл. Центрифугировали микроспоры 4 минуты при 800 оборотах в минуту 3 раза. Далее ресуспендировали микроспоры в 2 мл охлажденной среды NLN-13.

Определяли плотность микроспор, используя камеру Фукса-Розенталя, после чего средой для культивирования доводили до 4×10^4 микроспор/мл. Суспензию микроспор разливали в чашки Петри и культивировали при 33°C в течение 48 часов в полной темноте и затем переносили снова в темноту. При появлении эмбриоидов чашки Петри помещали на шейкер и инкубировали при 25°C (при 60 оборотах в минуту).

Регенерация/проращивание эмбриоидов.

Эмбриоиды в семядольной стадии развития помещали в автоклавируемые контейнеры, заполненные на 0,5–0,6 см агаризованной (1,1%) средой В5. Кислотность среды перед стерилизацией доводили до pH 5,8. Плотность размещения эмбриоидов составляла 9–12 шт. на один контейнер. Эмбриоиды культивировали при 24°C и фотопериоде 16 ч – день, 8 ч – ночь. Один раз в месяц при отсутствии развитых растений пересаживали на свежую питательную среду того же состава. При образовании из эмбриоида проростка с нормально развитыми листьями и корневой системой их пересаживали в кассеты с торфяным субстратом для адаптации.

Выделение ДНК. Проводили из молодых тканей листьев растений капусты пекинской по методике ЦТАБ согласно протоколу [27].

Полимеразная цепная реакция (ПЦР).

Амплификацию геномной ДНК проводили в 15 мкл реакционной смеси, содержащей: 1×ПЦР-буфер; 0,2 mM dNTPs; по 5–10 nM каждого праймера; 0,25 ед.а. Таq-полимеразы и 20 нг геномной ДНК. Амплификацию проводили в амплификаторе DNA Engine® Peltier Thermal Cyclers (BIO-Rad). ПЦР была выполнена при следующих условиях: начальная денатурация при 94°C 3 мин; 35 циклов – денатурация при 94°C 30 с; отжиг при 60°C 30 с, элонгация при 72°C 1 мин; завершающая элонгация при 72°C 5 мин. Хранение – при температуре 10°C [4].

Генотипирование устойчивости к киле проводили с использованием маркера B0902 гена CRb

(F: AGCCTTGCGTAAAAGCAACTAC,
R: GTTTGGAATCCGACAAATACATCCAT) [28].

Электрофорез, визуализация и документация.

Продукты амплификации окрашивали флуоресцентным красителем GelRed (Biotium, США) и разделяли в 1%-ном агарозном геле в однократном Трис-боратном-ЭДТА-буфере при напряженности 4 В/см в течение 60 мин. Визуализацию и документацию электрофореграмм проводили с использованием гель-документирующей системы GelDoc Go (Bio-Rad) [4].

Результаты и их обсуждение

Выделение продуктивных гибридов капусты пекинской

Проведён учёт массы кочанов гибридных комбинаций, устойчивых к киле: в весенне-летнем обороте 2022 года изучали 36 гибридов, в летне-осеннем обороте 2022 года – 22 гибрида. Изучаемый материал сравнивали с лучшими коммерческими CR-гибридами отечественной и зарубежной селекции: F₁ Ника, F₁ Гидра и F₁ Bilko.

Размах вариации средних значений массы кочана оцениваемых 36 генотипов, выращиваемых в весенне-летнем обороте, составил 970,5 г. Минимальное значение средней массы кочана было у генотипа Кви дг7-

3×Кви10, максимальное – у генотипа Чи₁мс×П₁дг7 (табл. 1). По результатам оценки в сравнении со стандартами, выявлена лучшая гибридная комбинация Чи₁мс×П₁дг7 ($m_{cp}=1458,25$ г.), среднее значение массы которой для 5% уровня значимости превысило 3 стандарта. Три генотипа: Чи₁мс×Квидг7, Квидг19×П₁дг9 и K₄₃₋₁₂×Чи₁ существенно превысили по продуктивности гибриды F₁ Ника. Выделенные генотипы были с максимальным проявлением признака свыше 1000 г (табл. 1).

Из таблицы 1 следует, что масса кочана слабо варьирует ($CV \leq 10\%$) только у четырех генотипов, не превышающих стандарты: Квидг(10)×Квидг7-2, Квидг8-2×8-1, Кви₁₉×П₁дг2 и K₄₃₋₁₅×Квидг(10). Среднюю степень варьирования признаков (11–20%) имеют 11 генотипов (30% от общего числа): Чи₁мс×Квидг7, Чи₁мс×П₂дг(13)2, Чи₁мс×П₁дг2-1, Чи₁мс×K43-15, Чи₁мс×Ec2, Квидг7-2×Квидг(10)1, Квидг19×П₁дг9, Чи₁мс×T₅₂, Кви₇×П₁дг4, Кви₁₉×П₁дг18 и Кви₈×П₁дг9. Сильную вариацию признака > 20% наблюдали у остальных 21 гибридных комбинаций, что составило 58% от общего числа линий. Выделенные 4 гибридные комбинации с высокой массой кочана имели высокую и среднюю степень варьирования, при этом средние значения диаметра и высоты кочана у данных генотипов слабо варьировали ($CV \leq 10\%$), что может свидетельствовать о разной плотности кочана.

Для 22 генотипов, оцениваемых в летне-осеннем обороте (июль–сентябрь 2022 года), размах вариации составил 805,16 г. Минимальное значение массы кочана было у генотипа Би₅дг2-1хП₁дг5-11, максимальное – у генотипа Би₅дг2-1 х П₁дг4-1 (табл.2). Примечательно, что у этих двух генотипов одна и та же материнская линия Би₅дг2-1, а в генотипе с максимальной массой отцовская линия П₁дг4-1 имела высокий эффект ОКС в исследовании [4] и была рекомендована к использованию для поиска «удачных» гибридных комбинаций. Можно предположить, что именно скрещивание с линией П₁дг4-1 привело к «удачной комбинации», так как эффект ОКС частично определяется доминированием [29]. По результатам оценки в сравнении с двумя стандартами выявлены 10 гибридных комбинаций, значимо превысивших по массе кочана стандарт F₁ Bilko. Ни один генотип не превзошел по продуктивности F₁ Гидра, но 7 гибридных комбинаций (выделены зеленым цветом в табл.2) значимо не отличаются от него по массе для $HCP_{05} = 279,7$ г. Лучший по массе генотип Би₅дг2-1 х П₁дг4-1 ($m_{cp} = 1404,56$ г) (табл. 2).

Одна из 7 гибридных комбинаций с высокой массой (Кви₁₉ х П₁дг9) была выделена ранее при полевых испытаниях в 2021 году и вошла в число 14 перспективных по продуктивности [4]. У данного генотипа было отмечено удачное сочетание высоких эффектов ОКС родительских линий и СКС гибридной комбинации, что подтверждает решающий вклад в генетический контроль массы кочана эффекта специфической комбинационной способности.

В 2021 году испытание данного генотипа проводили также в летне-осенний период. Примечательно, что средняя масса гибридных комбинаций, выращенных в летне-осеннем обороте ($m_{cp} = 1019,57$ г), выше средней массы генотипов, выращенных в весенне-летнем обороте ($m_{cp} = 838,71$ г.). Так, доля гибридов с массой свыше 1000 г во втором обороте составила 45%, а в первом – всего 8%. Это может свидетельствовать о

Таблица 1. Среднее значение и степень изменчивости массы кочана гибридных комбинаций капусты пекинской (весна-лето, 2022)
Table 1. The average value and degree of variability of the head weight of hybrid combinations of Chinese cabbage (spring-summer, 2022)

№	Генотипы	Средняя масса, г	Коэффициент вариации, %	№	Генотипы	Средняя масса, г	Коэффициент вариации, %
1.	Чи ₁ мс×Квидг7	1151,00	17,3%	19.	К ₄₃₋₁₅ ×Чи ₁	961,50	21,7%
2.	Чи ₁ мс×Квидг8	816,31	31,1%	20.	Квидг7-3×7-1	782,00	30,6%
3.	Чи ₁ мс×П ₂ дг(13)2	720,50	18,1%	21.	Квидг7-3×8-1	724,75	29,7%
4.	Чи ₁ мс×П ₁ дг2-1	786,00	18,9%	22.	Квидг19×П ₁ дг9	1086,00	14,5%
5.	Квидг(10)×Квидг7-2	663,50	6,5%	23.	К ₄₃₋₁₂ ×Чи ₁	1157,13	26,7%
6.	Кви дг8-1×8-2	626,75	34,4%	24.	Чи ₁ мс×П ₂ дг13	593,75	36,4%
7.	Чи ₁ мс×К ₄₃₋₁₅	513,25	16,3%	25.	Кви дг7-2×Чи ₁	708,50	24,2%
8.	Чи ₁ мс×П ₆ дг2	773,13	39,2%	26.	Чи ₁ мс×Т52	880,75	15,3%
9.	Кви дг7-3× Кви ₁₀	487,75	21,9%	27.	Чи ₁ мс×П ₁ дг7	1458,25	28,9%
10.	Кви дг7-4× Квидг10	857,75	26,0%	28.	Кви ₇ ×П ₁ дг4	765,63	16,4%
11.	Кви ₁₀ ×П ₁ дг2	956,63	33,0%	29.	Кви ₅ ×П ₁ дг8	748,50	23,9%
12.	Кви3×П ₁ дг1	864,50	22,1%	30.	Кви ₁₉ ×П ₁ дг2	783,00	9,8%
13.	К ₄₃₋₁₂ ×Квидг7-2	857,75	27,6%	31.	Кви ₁₉ ×П ₁ дг18	772,75	12,4%
14.	Кви дг8-2×8-1	963,75	9,4%	32.	Кви ₈ ×П ₁ дг9	679,75	10,4%
15.	Чи ₁ мс×Ес2	849,75	16,4%	33.	Кви ₁₀ ×П ₁ дг5	921,50	20,1%
16.	Чи ₁ мс×П ₁ дг4	865,00	22,7%	34.	Чи ₁ мс×Кви ₇	938,63	30,3%
17.	Кви ₈ ×П ₁ дг8	743,38	26,2%	35.	К ₄₃₋₁₂ ×Квидг(10)	575,50	23,1%
18.	Квидг7-2× Квидг(10)1	933,00	13,8%	36.	К ₄₃₋₁₅ ×Квидг(10)	763,25	4,6%

Примечание. НСР₀₅ масса кочана = 256,25 г. Средняя масса кочана 3 стандартов: Ника F₁ (816,5 г), Гидра F₁ (996,75 г), Bilko F₁ (1168,25 г). Зеленым цветом выделена гибридная комбинация, превышающая 3 стандарта, синим выделены генотипы, превосходящие Ника F₁.

Note. LSD₀₅ the cabbage head weight = 256.25 g. The average weights of the cabbage head of 3 hybrid standards are: F₁ Nika (816.5 g), F₁ Hydra (996.75 g), F₁ Bilko (1168.25 g). The hybrid combination that surpassed 3 standards is highlighted in green, the genotypes that surpassed the F₁ Nika are highlighted in blue.

Таблица 2. Среднее значение и степень изменчивости массы кочана гибридных комбинаций капусты пекинской (лето-осень, 2022 год)
Table 2. The average value and degree of variability of the head weight of hybrid combinations of Chinese cabbage (summer- autumn, 2022)

№	Генотипы	Средняя масса, г	Коэффициент вариации%	№	Генотипы	Средняя масса, г	Коэффициент вариации %
1.	К ₄₃₋₁₅ х Чи ₁	894,50	14,2%	12.	Би ₅ дг2-1 х П ₁ дг4-1	1404,56	9,7%
2.	Би ₅ дг2-1 х П ₁ дг5-11	599,40	9,5%	13.	К ₄₃₋₁₂ х Квидг(16)	940,57	17,5%
3.	П ₁ дг7-1 х Би ₅ дг2-1	934,14	35,1%	14.	Ги ₁₃ х Би ₅ дг	812,00	15,7%
4.	Би ₅ дг2 х Т52	956,13	19,7%	15.	Би ₅ дг7-1 х Квидг8-2	977,00	38,9%
5.	П ₁ дг4-11 х Би ₅ дг2-1	780,71	30,1%	16.	Кви ₅ дг2 х Квидг7-1	1156,63	41,4%
6.	Кви ₁₉ х П ₁ дг9	1227,25	35,4%	17.	Би ₅ дг2 х П ₁ дг2	1201,83	11,4%
7.	Би ₅ дг2-1 х П ₁ дг7-1	1052,64	30,0%	18.	Квидг7 х Би ₅ дг2-1	1260,75	37,9%
8.	Квидг(15)1 х Би ₅ дг2	1142,00	26,1%	19.	Квидг8-2 х Би ₅ дг2-1	1229,17	15,2%
9.	П ₂ дг2-11 х Би ₅ дг2	1369,33	24,1%	20.	Би ₅ дг2-2 х Квидг(15)	1010,25	15,7%
10.	П ₁ дг8-1 х Би ₅ дг2-1	919,45	33,3%	21.	Кви ₃ х П ₁ дг1	876,63	21,2%
11.	Би ₅ дг2 х Квидг(16)	789,08	27,0%	22.	Кви ₁₀ х П ₁ дг2	790,88	20,4%

Примечание. НСР₀₅ масса кочана = 279,7 г. Средняя масса кочана стандартов: Гидра F₁ (1424,25 г), Bilko F₁ (720,63 г). Зеленым цветом выделены гибридные комбинации, превосходящие Bilko F₁ и значимо не отличающиеся от Гидра F₁, синим цветом выделены генотипы, превысившие по массе кочана 1 стандарт.

Note. LSD₀₅ the cabbage head weight = 279.7 g. The average weights of the cabbage head of standards of hybrids are: F₁ Hydra (1424.25 g), F₁ Bilko (720.63 g). The hybrid combinations that have surpassed F₁ Bilko and are not significantly different from F₁ Hydra are highlighted in green, the genotypes that have exceeded the F₁ Bilko by cabbage head weight are highlighted in blue.

сложившихся благоприятных условиях для выращивания генотипов во втором обороте, так как среднесуточные температуры находились в оптимальном для культуры диапазоне 15-23°C.

Масса кочана слабо варьирует всего у двух генотипов: Би₅дг2-1 х П₁дг5-11 и у генотипа с максимальной массой Би₅дг2-1хП₁дг4-1. Семь генотипов, в том числе Би₅дг2 х П₁дг2 и Квидг8-2 х Би₅дг2-1 с высокой массой, имели среднюю степень варьирования признаков, остальные 13 генотипов сильно варьировали по массе (CV более 20%).

В совокупности, по выровненности и продуктивности выделены 2 лучшие гибридные комбинации: Би₅дг2-1 х П₁дг4-1 ($m_{cp}=1404,56$ г) и Би₅дг2 х П₁дг2 ($m_{cp} = 1201,83$ г).

Изучение устойчивости линий капусты пекинской к мучнистой росе

Мучнистая роса (возбудитель: *Erysiphe cruciferarum* Opiz ex L. Junell.) обычно поражает все капустные культуры при сложившихся благоприятных для заболевания условиях (жаркая погода и наличие влажной среды для прорастания конидий возбудителя, частые туманы).

Первые симптомы заболевания можно наблюдать в виде белых округлых пятен с белым мучнистым мицелием на верхней и нижней поверхности листа. По мере развития заболевания эти пятна сливаются, и вскоре вся поверхность листа покрывается порошкообразным налетом [7]. Поврежденная листовая поверхность становится более восприимчивой к другим патогенам.

Моногенная доминантная устойчивость к настоящей мучнистой росе встречается у капусты белокочанной. У капусты пекинской генов вертикальной устойчивости пока не обнаружено [7]. Важной селекционной работой является оценка устойчивости к заболеванию растительного материала.

Были оценены 18 линий капусты пекинской, посеянные в сентябре 2022 г в зимнюю теплицу (см. табл. 3). Оценка проявления симптомов заболевания была проведена в апреле 2023 г. Определяли степень болезнеустойчивости растений капусты пекинской на естественном инфекционном фоне по 4-балльной шкале (рис. 2). За устойчивые принимали растения с поражением 0-1 балла, за восприимчивые – с поражением 2-4 балла. Оценивали фактическое количество пораженных растений каждой линии (от 1 до 5) и процент распространённости болезни.

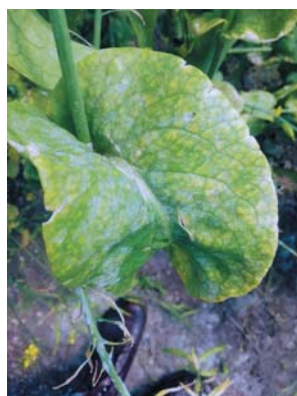
В результате оценки поражения (см. табл. 3) генотипы были разделены на группы по устойчивости к патогену:

- Устойчивые (К₄₃₋₁₂, К₄₃₋₁₅, Квидг12-2, ОКС2, Би₅дг2-1, Чи₁-0, Orient Q);
- Высоковосприимчивые (Чи₁мс×Квидг7, Чи₁мс×Квидг8, П₁дг4-12, П₂дг2-1);
- Слабовосприимчивые (Квидг7-2 цв, Квидг8-2, Квидг10-1, П₂дг7-1, Чи₁мс×Чи₁, Чи₁-6 цв F, ЕС₂₋₃×Е₂ ки 6112).

Таким образом, выявлено 7 устойчивых и толерантных к мучнистой росе генотипов, которые можно рекомендовать для проведения дальнейших испытаний и включения в селекционный процесс для создания гибридов с устойчивостью к стрессовым факторам.



А) 0 баллов



В) 1 балл



С) 2 балла



Д) 3 балла



Е) 4 балла

Рис. 2. Поражение капусты пекинской мучнистой росой от 0 до 4 баллов
Fig. 2. The infestation of Chinese cabbage by powdery mildew from 0 to 4 points

Таблица 3. Оценка поражения линий капусты пекинской мучнистой росой
Table 3. Evaluation of the damage to Chinese cabbage lines from powdery mildew

№	Генотип	Балл поражения растений					Развитие болезни, %	Устойчивость
		1	2	3	4	5		
1.	Чи ₁ мс×Квидг7	4	4	–	–	–	100%	высоковосприимчивое
2.	Квидг7-2 цв	2	2	–	–	–	50,00%	слабовосприимчивое
3.	Квидг8-2	1	2	–	–	–	37,50%	слабовосприимчивое
4.	Квидг12-2	1	1	–	–	–	25,00%	толерантное
5.	Квидг10-1	1	2	–	–	–	37,50%	слабовосприимчивое
6.	Чи ₁ мс×Квидг8	3	3	–	–	–	75,00%	высоковосприимчивое
7.	К ₄₃₋₁₂	1	–	–	–	–	25,00%	толерантное
8.	К ₄₃₋₁₅	0	0	–	–	–	0,00%	устойчивое
9.	ОКС2	1	–	–	–	–	25,00%	толерантное
10.	Бидг2-1	1	1	0	–	–	25,00%	толерантное
11.	П ₁ дг4-12	3	3	3	2	2	65,00%	высоковосприимчивое
12.	П ₂ дг7-1	1	2	2	2	–	43,75%	слабовосприимчивое
13.	П ₂ дг2-1	4	4	3	–	–	91,66%	высоковосприимчивое
14.	Чи ₁ -0	0	–	–	–	–	0,00%	устойчивое
15.	Orient Q	1	1	1	–	–	25,00%	толерантное
16.	Чи ₁ мс×Чи1	2	2	2	2	2	50,00%	слабовосприимчивое
17.	Чи ₁ -6 цв F	1	2	2	–	–	41,66%	слабовосприимчивое
18.	ЕС ₂₋₃ ×Е ₂ ки 6112	2	2	–	–	–	50,00%	слабовосприимчивое

Создание удвоенных гаплоидов капусты пекинской в культуре изолированных микроспор *in vitro* и отзывчивость генотипов

Методы биотехнологии позволяют создавать линии с заданными свойствами, например, ценными хозяйственными признаками и генами устойчивости сразу к нескольким возбудителям заболеваний. Для создания ДН-растений в культуре изолированных микроспор использовали 4 селекционных образца с важной для культуры устойчивостью к раннему стеблеванию: ОКС₂; ЕС₂₋₃×Е₂ ки 6112; К₄₃₋₁₅ и К₄₃₋₁₂. Все указанные генотипы были созданы с помощью инфекционных фонов по устойчивости к киле и толерантности к верхушечному ожогу кочана. Дополнительно генотипы К₄₃₋₁₂, К₄₃₋₁₅ и ОКС₂ обладают устойчивостью к мучнистой росе, а линия ОКС₂ перспективна для получения высокоурожайных гибридов.

Использовали бутончики с размером 2,5-2,7 мм согласно литературным данным [25]. Происходило успешное развитие эмбриоидов (рис. 3А, 3В), которые в дальнейшем развивались в полноценные растения (рис. 3С).

Были изучены сортовые различия в эмбриогенезе данных генотипов пекинской капусты (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). Как известно, эмбриогенная способность зависит от множества факторов, но одним из ключевых моментов при работе с культурой микроспор *in vitro* является генотип донорных растений [21].

Селекционные образцы были разделены на группы по отзывчивости к эмбриогенезу (табл. 4). Для оценки

эмбриогенной способности *B. rapa* ssp. *pekinensis* в культуре изолированных микроспор нами предложена следующая шкала (число эмбриоидов в пересчете на 100 бутончиков): 0 шт./100 бут. – неотзывчивый; 1 - 500 шт./100 бут. – низко отзывчивый; 501 - 2000 шт./100 бут. – средне отзывчивый; ≥ 2001 шт./100 бут. – высоко отзывчивый [31]. Согласно данной шкале к средне отзывчивым отнесли генотип ЕС₂₋₃×Е₂ ки 6112, с частотой эмбриогенеза более 500 эмбриоидов на 100 бутончиков. Генотипы К₄₃₋₁₂, К₄₃₋₁₅ и ОКС₂ оказались низко отзывчивыми к эмбриогенезу (до 500 эмбриоидов на 100 бутончиков). Адаптировать удалось растения-регенеранты для всех 4 генотипов.

Всего было получено 498 эмбриоидов (~ 77% от общего числа из 649 бутончиков), из них:

- 3 эмбриоида – получено из донорного генотипа ОКС₂;
- 180 эмбриоидов – получено из донорного генотипа К₄₃₋₁₂;
- 9 эмбриоидов – получено из донорного генотипа К₄₃₋₁₅;
- 306 эмбриоидов – получено из донорного генотипа ЕС₂₋₃×Е₂ ки.

Молекулярное генотипирование коллекции образцов линий на устойчивость к киле

Для изучения генов устойчивости к киле линий капусты пекинской было проведено молекулярное генотипирование с ДНК маркером B0902 F/R на ген устойчивости *CRb*.



А) Эмбриониды в жидкой среде NLN-13
Embryos in a NLN-13 liquid medium

В) Прорастающие эмбриониды на среде B5
Shooting of embryos on medium B5



С) Укоренение и адаптация растений-регенерантов (K43-12)
Rooting and adaptation of regenerated DH-plants (K43-12)

Рис. 3. Развитие DH-растений капусты пекинской в культуре изолированных микроспор
Fig. 3. Development of Chinese cabbage DH-plant embryos in isolated microspore culture

Проведение отбора с помощью маркеров для ранних этапов селекционного материала способствует значительному сокращению трудоёмкости исследований. Фенотипическая оценка линий не проводилась, результат генотипирования основан на работе маркера гена *CRb*. Линии Кви₄ и Кви₉ использовали для проверки результатов маркирования в качестве контроля восприимчивости. Эти линии ранее в 2021 г. проверялись на искусственном инфекционном фоне к киле [4] и проявили восприимчивость с максимальным баллом поражения 3 балла по шкале [32]. В соответствии с рис.4 наблюдаются целевые фрагменты, ассоциированные с рецессивным аллелем восприимчивости размером 241 п.н. у пяти линий: Кит-3Са 1 бут; Кви₄, Кви₉, Би₅дг бут и ЕС₂₋₃-2102 бут.

У остальных 33 линий (кроме Ха6-111-4; Чи₁мс×Квидг8 и Квидг(16)₂ бут) наблюдаются целевые фрагменты, ассоциированные с аллелем устойчивости, размером 160 п.н. (рис.4). Присутствие двух аллелей гена *CRb* наблюдается у 8 генотипов: П₁дг4-1, Чи₁мс×П₁дг9, Чи₁мс×П₁дг21, Чи₁мс×Чи₁, ЕС₂₋₃×Ес ки 6112, ЕС₂×ЕС ки 6212, Orient Queen и Чи₁мс×Квидг7, что свидетельствует о разных проявлениях гена. Ген *Crb* относят к генам «главного действия», он был обнаружен в 2013 г. у капусты китайской CR Shinki, локализован в 3 хромосоме [15]. Линии Ха6-111-4; Чи₁мс×Квидг8 и Квидг(16)₂ бут, у которых не было обнаружено фрагмента амплификации, могут содержать другой ген устойчивости к киле.

Таблица 4. Отзывчивость генотипов в культуре изолированных микроспор *in vitro*
Table 4. Responsiveness of genotypes in culture of isolated microspores *in vitro*

Генотип	Число эмбрионидов/100 бутонов	Группа отзывчивости
К ₄₃₋₁₅	40,63±13,26	низко отзывчивый
К ₄₃₋₁₂	415,69±177,07	низко отзывчивый
ОКС_2	8,82±4,16	низко отзывчивый
ЕС ₂₋₃ ×Е ₂ ки 6112	608,66±19,69	средне отзывчивый

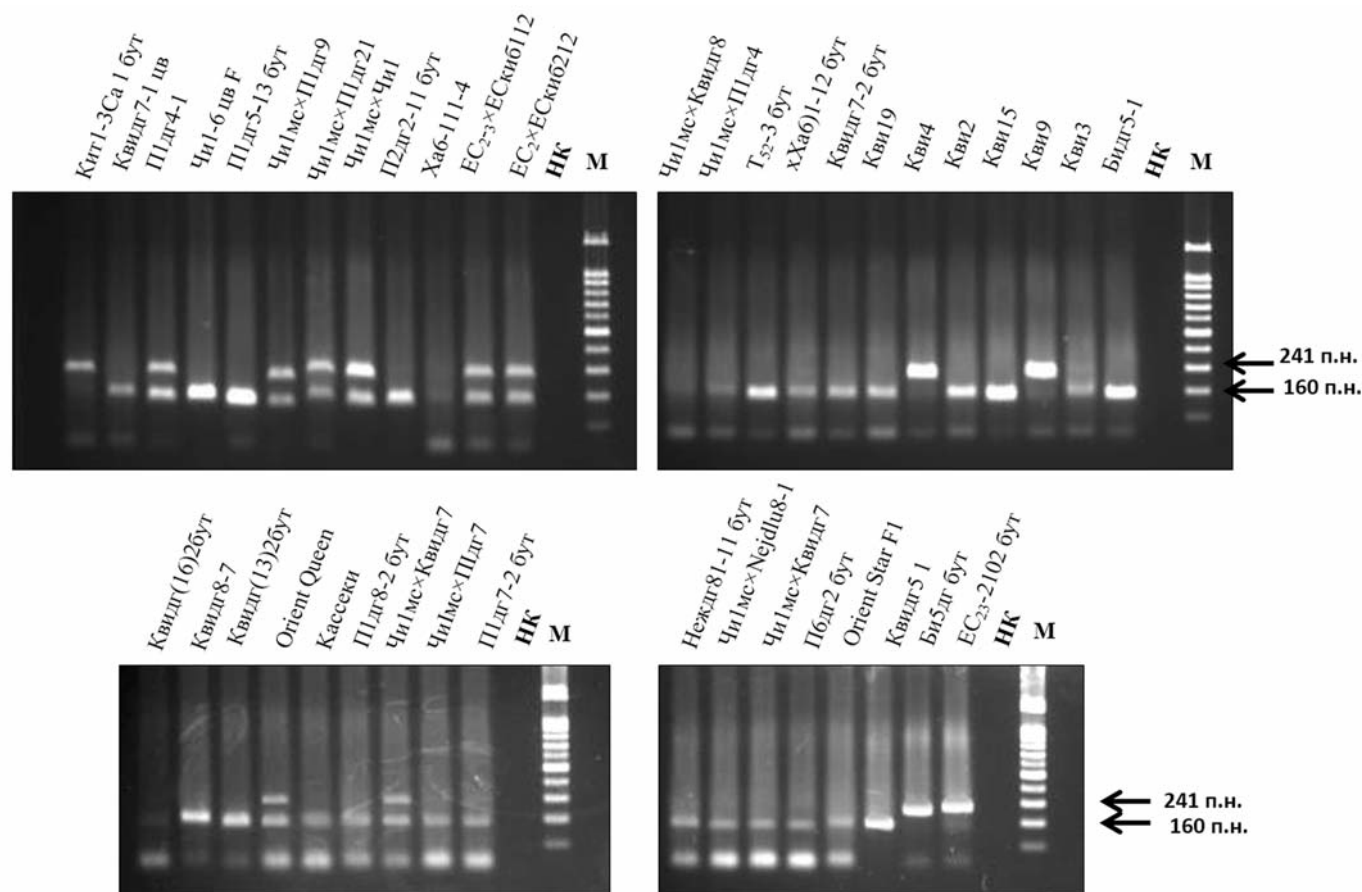


Рис. 4. ПЦР-анализ образцов капусты пекинской маркером B0902 гена CRb;
М-маркер размеров ДНК-фрагментов; НК – негативный контроль; 160 п.н. – ожидаемый размер
ампликона аллеля устойчивости; 241 п.н. – ожидаемый размер ампликона аллеля восприимчивости
Fig. 4. PCR analysis of Chinese cabbage accessions with marker B0902 of the CRb gene;
M- DNA-size marker; НК - negative control; 160 bp is the size of the expected amplicon of the resistance allele;
241 b.p. is the size of the expected amplicon of the susceptibility allele

ВЫВОДЫ

В результате полевого испытания устойчивых к киле 36 гибридных комбинаций капусты пекинской в обороте весна-лето 2022 г. выделен генотип Чи₁мс×П₁дг7 (мср = 1458,25 г.), значимо превысивший 3 стандарта по массе кочана. Однако коэффициент

вариации признака у генотипа был значительным (CV более 20%), что может свидетельствовать о разной плотности кочанов и низкой морфологической выровненности. Во втором обороте из 22 гибридных комбинаций в совокупности по выровненности и продуктивности выделены 2 перспективные с закрытой вершиной кочана гибридные комбинации: Би₅дг2-1 × П₁дг4-1 (мср = 1404,56 г) и Би₅дг2 × П₁дг2 (мср = 1201,83 г), которые рекомендованы для расширенного сортоиспытания генотипов с ценными хозяйственными признаками, включая устойчивость к киле.

В результате оценки симптомов поражения мучнистой росой на естественном инфекционном фоне из 18 линий капусты пекинской были выделены 7 устойчивых к патогену: K₄₃-12; K₄₃-15; Kвтдг12-2; ОКС₂; Би₅дг2-1; Чи₁-0; Orient Q, которые рекомендованы для включения в селекционные испытания для создания гибридов с устойчивостью к стрессорам.

В культуре изолированных микроспор на основе 4 селекционных образцов, ЕС₂₋₃×Е₂ки б112; ОКС₂; K₄₃-15 и K₄₃-12, устойчивых к раннему стеблеванию, создана коллекция ДН-линий. Селекционный материал для всех линий получен на инфекционном фоне по устойчивости к киле и толерантности к верхушечному ожогу. Дополнительно генотипы K₄₃-12, K₄₃-15 и ОКС₂ показали устойчивость к мучнистой росе. Это позволит получить гибриды с набором ценных хозяйственных признаков, включая устойчивость к раннему стеблеванию, резистентность сразу к нескольким возбудителям заболевания и высокую продуктивность (благодаря перспективной линии ОКС₂). Самую высокую отзывчивость к эмбриогенезу из 4 генотипов проявил генотип ЕС₂₋₃×Е₂ки б112 (частота образования эмбриоидов 608,66±19,69 штук на 100 бутонів).

В результате молекулярного генотипирования была проведена дифференциация 41 линии капусты пекинской по гену «главного действия» устойчивости к киле CRb. Ген Crb обнаружен у подавляющего большинства линий (~ 80%). Требуется дифференцировать линии по другим CR-генам для пирамидирования различных генов в одном генотипе и создания гибридов с надежной устойчивостью к заболеванию.

Об авторах:

Анастасия Дмитриевна Заставнюк – аспирант кафедры ботаники селекции и семеноводства садовых растений, младший научный сотрудник, автор для переписки, a.zastavnyuk@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4115-0606>; ResearcherID: ADP-6159-2022

Григорий Федорович Монахос – кандидат с.-х. наук, генеральный директор, <http://orcid.org/0000-0002-6603-6933>

Сократ Григорьевич Монахос – доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, <http://orcid.org/0000-0001-9404-8862>, Researcher ID: L-5962-2013, Scopus Author ID: 56052882900

About the Authors:

Anastasia D. Zastavnyuk – PhD student, Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology; Junior Researcher, Correspondence Author, a.zastavnyuk@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4115-0606>; ResearcherID: ADP-6159-2022

Grigory F. Monakhos – Cand. Sci. (Agriculture), General Director, <http://orcid.org/0000-0002-6603-6933>

Sokrat G. Monakhos – Dr. Sci. (Agriculture), Prof., Head of the Department Botany, Plant Breeding and Seed Technology, <http://orcid.org/0000-0001-9404-8862>, Researcher ID: L-5962-2013, Scopus Author ID: 56052882900

• Литература / References

1. Артемьева А.М., Соловьева А.Е. Генетическое разнообразие и биохимическая ценность капустных овощных растений рода *Brassica* L. *Вестник НГАУ. Биология*. 2018;4(49):50-61. DOI:10.31677/2072-6724-2018-49-4-50-61 [Artemeva A.M., Soloveva A.E. Genetic diversity and biochemical value of cabbage vegetable plants of the genus *Brassica* L. *Vestnik NGAU. Biologiya*. 2018;4(49):50-61. DOI:10.31677/2072-6724-2018-49-4-50-61 (In Russ.)]
2. Yuan J., Shen C., Yuan R. et al. Identification of genes related to tipburn resistance in Chinese cabbage and preliminary exploration of its molecular mechanism. *BMC Plant Biol.* 2021;567(21):1-12. DOI:10.1186/s12870-021-03303-z
3. Kamiński P., Podwyszynska, M., Starzycki M. et al. Interspecific hybridisation of cytoplasmic male-sterile rapeseed with *Ogura* cytoplasm and *Brassica rapa* var. *pekinensis* as a method to obtain male-sterile Chinese cabbage inbred lines. *Euphytica*. 2016;(208):519–534. DOI:10.1007/s10681-015-1595-9
4. Заставнюк А.Д., Монахос Г.Ф., Вишнякова А.В., Миронов А.А., Монахос С.Г. Генотипирование устойчивости к киле и оценка комбинационной способности капусты пекинской. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022;(5):77-91. DOI:10.26897/0021-342X-2022-5-77-91. EDN WDBKXQ. [Zastavnyuk A.D., Monakhos G.F., Vishnyakova A.V., Mironov A.A., Monakhos S.G. Chinese cabbage clubroot resistance genotyping and evaluation of combining ability. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;(5):77-91. (In Russ.) EDN WDBKXQ.]
5. Беренсен Ф.А., Антонова О.Ю., Артемьева А.М. Достижения и перспективы молекулярно-генетического маркирования устойчивости к некоторым патогенам у видов рода *Brassica* L. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(6):656-666. DOI:10.18699/VJ19.538. [Berensen F.A., Antonova O.Yu., Artemeva A.M. Achievements and prospects of molecular genetic marking of resistance to certain pathogens in species of the genus *Brassica* L. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(6):656-666. DOI:10.18699/VJ19.538 (In Russ.)]
6. Монахос С.Г., Воронина А.В., Байдина А.В., Зубко О.Н. Селекция растений на устойчивости – основа защиты от болезней в органическом земледелии. *Картофель и овощи*. 2019;(6):38-40. DOI: 10.25630/PAV.2019.92.83.009 [Monakhos S.G., Voronina A.V., Bajdina A.V., Zubko O.N. Plant breeding for sustainability is the basis of protection against diseases in organic farming. *Potato and vegetables*. 2019;6:38-40 (In Russ.). DOI: 10.25630/PAV.2019.92.83.009 (In Russ.)]
7. Монахос Г.Ф., Монахос С.Г. Капуста пекинская. Биологические особенности, генетика, селекция и семеноводство. Монография. Москва: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 2009. [Monakhos G.F., Monakhos S.G. Chinese cabbage *Brassica rapa* L. Em. Metz. ssp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt. Biological characteristics, genetics, breeding and seed production. Monograph]. M.: Izd-vo RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva. 2009. 182 p. (In Russ.)]
8. Malinowski R., Truman W., Blicharz S. Genius architect or clever thief—How *Plasmodiophora brassicae* reprograms host development to establish a pathogen oriented physiological sink. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2019;32(10):1259–1266. DOI: 10.1094/MPMI-03-19-0069-CR
9. Wenjing R., Zhiyuan L., Fengqing H. et al. Utilization of *Ogura* CMS germplasm with the clubroot resistance Y. gene by fertility restoration and cytoplasm replacement in *Brassica oleracea* L. *Horticulture research*. 2020;(7):61. DOI:10.1038/s41438-020-0282-8
10. Yoshikawa H. Studies on breeding of clubroot resistance in cole [Cruciferae] crops. *Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea. Series A.(Japan)*. 1993;(7):1–165. ISSN: 0916-684X.
11. Matsumoto E., Yasui C., Ohi M., Tsukada M. Linkage analysis of RFLP markers for clubroot resistance and pigmentation in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Euphytica*. 1998;104:79:86. DOI: 10.1023/A:1018370418201
12. Kuginuki Y., Yoshikawa H., Hirai M. Variation in virulence of *Plasmodiophora brassicae* in Japan tested with clubroot-resistant cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *European Journal of Plant Pathology*. 1999;(105):327-332. DOI: 10.1023/A:1008705413127
13. Hirai M. Genetic analysis of clubroot resistance in *Brassica rapa*. *Breeding science*. 2006;(56):223–229. DOI: 10.1270/jsbbs.56.223
14. Monakhos S.G., Li N.M. Breeding value of clubroot resistance genes of *Brassica rapa* L. lines and effectiveness of molecular markers of mapped loci. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2013;(6):68-81. (In Russ.)]
15. Ueno H., et al. Molecular characterization of the CRa gene conferring clubroot resistance in *Brassica rapa*. *Plant molecular biology*. 2012;80:621–629. DOI: 10.1007/s11103-012-9971-5.
16. Kato T., Hatakeyama K., Fukino N. et al. Fine mapping of the clubroot resistance gene CRb and development of a useful selectable marker in *Brassica rapa*. *Breeding science*. 2013;63(1):116-124. DOI: 10.1270/jsbbs.73-1cover
17. Suwabe K., Tsukazaki H., Iketani H., Hatakeyama K., Fujimura M., Nunome T., Fukuoka H., Matsumoto S., Hirai M. Identification of two loci for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) in *Brassica rapa* L. *Theoretical Application Genetic*. 2003.107:997-1002. DOI: 10.1007/s00122-003-1309-x
18. Nguen M.L., Monakhos G.F., Komahin R.A., Monakhos S.G. The new clubroot resistance locus is located on chromosome A05 in Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L.). *Genetika*. 2018;54:296–304 (In Russ.) DOI: 10.7868/S0016675818030037.
19. Monakhos S.G., Li N.M. Breeding of Chinese cabbage using biotechnological methods. *Potato and vegetables*. 2014;9:34-35. (In Russ.)
20. Dong Y.Q. Influencing factors and physiochemical changes of embryogenesis through *in vitro* isolated microspore culture in *Brassica* species. *Biologia*. 2021;(76):2629-2654. DOI:10.1007/s11756-021-00721-0
21. 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):111-120. DOI:10.18699/VJ15.014. [Shmykova N. A., Shumilina D.V., Suprunova T.P. Obtaining doubled haploids in species of the genus *Brassica* L. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2015;19(1):111-120. DOI:10.18699/VJ15.014 (In Russ.)]
22. Monakhos S., Uwiragiye A., Zhao J., Zhang N., Bonnema G. Generation of doubled haploids through microspore culture from vegetable and oilseed *Brassica rapa* crops. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2010;7:128-135 (In Russ.).
23. Krishnia S.K., Saharan G.S.; Singh D. Genetics of Alternaria blight resistance in inter and intraspecific crosses of *Brassica juncea* and *Brassica carinata*. *Annals of Biology*. 2000;16(2):211-216. ISSN: 0970-0153.
24. Conn K.L., Tewari J.P., Awasthi R.P. A disease assessment key for Alternaria blackspot in rapeseed and mustard. *Disease des plantes Survey/au Canada*. 1990;70(1):19–22. ISSN: 0008-476X
25. Monakhos S.G. Creation of pure lines-doubled cabbage haploids in the culture of isolated microspores and selection of F1 hybrids based on modern biotechnological methods: methodological recommendations]. M. 2014. 44 p. (In Russ.)
26. Custers J.B.M. Microspore culture in rapeseed (*Brassica napus* L.). Doubledhaploid production in crop plants. Academic Publisher. 2003. P.185-194. DOI: 10.1007/978-94-017-1293-4_29
27. Murray M.G. and Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic acids research*. 1980;8(19):4321-4326. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321
28. Kato T., Hatakeyama K., Fukino N. & Matsumoto S. Identification of a clubroot resistance locus conferring resistance to a *Plasmodiophora brassicae* classified into pathotype group 3 in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Breeding science*. 2012;62(3):282-287. DOI:10.1270/jsbbs.62.282
29. Griffing B.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences*. 1956;9(4):463-493. DOI: 10.1071/BJ9560463
30. Pechan P.M., Keller W.A. Identification of potentially embryogenic microspores in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum*. 1988;74(2):377-384. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1988.tb00646.x
31. Monakhos S.G. Integration of modern biotechnological and classical methods in vegetable crop breeding. Moscow, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2016. 335 p. (In Russ.).
32. Buczak S., Toxopeus H., Mattusch P., Johnston T., Dixon G. & Hobolth L. Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*: proposals for attempted rationalization through an international approach. *Transactions of the British Mycological Society*. 1975;65(2):295-303. DOI:10.1016/S0007-1536(75)80013-1

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-23-29>
УДК 635.41:581.19-047.37

Diana V. Sokolova *, Alla E. Solovieva

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

*Corresponding Author: dianasokol@bk.ru

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

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Sokolova D.V., Solovieva A.E. Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Ilijin.: a comparative study. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):23-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-23-29>

Received: 31.05.2023

Accepted for publication: 18.06.2023

Published: 05.07.2023

Д.В. Соколова *, А.Е. Соловьева

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

*Автор для переписки: dianasokol@bk.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

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

Для цитирования: Sokolova D.V., Solovieva A.E. Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Ilijin.: a comparative study. *Овощи России*. 2023;(4):23-29. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-23-29>

Поступила в редакцию: 31.05.2023

Принята к печати: 18.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Ilijin.: a comparative study



Abstract

Spinach is an economically important vegetable crop widely cultivated and consumed worldwide. This early ripening leafy vegetable is rich in bioactive components, fiber, micro and macro elements, vitamins, and has high antioxidant activity. Results of numerous studies on the effects of spinach on human health confirm its beneficial effect. The species *S. oleracea* L. is cultivated commercially. The ancestor of cultivated spinach is *S. turkestanica* Ilijin, which has a breeding potential for different economically valuable traits. Its biochemical composition has been studied extremely little. The present article offers a comparative evaluation of the biochemical profile and antioxidant activity of cultivated and wild spinach species. The material for the study was a representative sample of 48 collection accessions of spinach from the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). The accessions were grown in 2019 and 2020 in the open ground of the Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. The antioxidant activity was studied spectrophotometrically by the DPPH assay of free radical scavenging at a wavelength of 515 nm. A significant similarity of the two species in most biochemical parameters was revealed, which confirms their phylogenetic relationship. Significant differences were found in the content of phenolic elements, which determine the elevated values of antioxidant and antiradical activity of *S. turkestanica*. The article presents correlation matrices of species biochemical composition, describes general trends, negative relationships and conjugated factors. The identified promising accessions of both cultivated and wild spinach are recommended for breeding for increased content of phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity. The result of the study helps to reveal the potential of the crop as a valuable source of bioactive components and high antioxidant activity.

Keywords: spinach; *Spinacia oleracea* L.; *Spinacia turkestanica* Ilijin.; antioxidant activity; phenolic compounds

Характеристика биохимического состава и антиоксидантной активности *Spinacia oleracea* L. и *Spinacia turkestanica* Ilijin.: сравнительное исследование

Аннотация

Шпинат - экономически значимая овощная культура, широко возделываемая и потребляемая во всем мире. Этот скороспелый листовой овощ богат биологически активными компонентами, клетчаткой, микро- и макроэлементами, витаминами, обладает высокой антиоксидантной активностью. Многочисленные результаты изучения влияния шпината на здоровье человека подтверждают его благотворное действие. В производстве культивируют вид *S. oleracea* L. Прародителем культурного вида шпината является вид *S. turkestanica* Ilijin., обладающий потенциалом для селекции по различным хозяйственно-ценным признакам. Его биохимический состав изучен крайне мало. В настоящей работе дана сравнительная оценка биохимического профиля и антиоксидантной активности культурного и дикого видов шпината. Материалом для исследования послужила репрезентативная выборка из 48 образцов коллекции шпината ВИР. Образцы выращивались в 2019 и 2020 году в условиях открытого грунта Пушкинских и Павловских лабораторий Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Антиоксидантную активность изучали методом DPPH на спектрофотометре путем поглощения свободных радикалов раствора, измеряемое при длине волны 515 нм. Выявлено значительное сходство двух видов по большинству биохимических показателей, что подтверждает их филогенетическое родство. Существенные различия обнаружены в содержании фенольных элементов, определяющих повышенные значения антиоксидантной и антирадикальной активности *S. turkestanica* Ilijin. В статье приведены корреляционные матрицы видового биохимического состава, описаны общие тенденции, отрицательные взаимосвязи и сопряженные факторы. Выделенные перспективные образцы как культурного, так и дикого видов шпината рекомендованы для селекции на увеличение содержания фенольных соединений, аскорбиновой кислоты и антиоксидантной активности. Результат исследования помогает раскрыть потенциал культуры, как ценного источника биологически-активных компонентов и высокой антиоксидантной активности.

Ключевые слова: шпинат; *Spinacia oleracea* L.; *Spinacia turkestanica* Ilijin.; антиоксидантная активность; фенольные соединения

Introduction

The conditions of modern life put forward new requirements for human nutrition. In the market, there is a growing demand for natural products with high nutritional value and revitalizing properties. Cultivated spinach (*Spinacia oleracea* L.) is an economically important vegetable crop widely cultivated and consumed worldwide. According to FAOSTAT, global production of spinach is growing every year, having reached 35 million tons in 2021 (FAOSTAT) [1]. Spinach is consumed fresh, used in the canning industry for the production of juices, purees, in baby and diet foods, as well as for the production of a green dye [2,3]. This leafy vegetable is rich in bioactive components and fiber [4]. It is valued for its high content of ascorbic acid, carotenoids, vitamins B1, B2, B3, B6, B9, H, K, E, P, and PP [5]. Also, it contains iron, sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus, sugars, and protein. Due to the high content of various organic acids, the nutritional value of spinach does not change during canning and drying [6,7]. Spinach contains various active compounds such as flavonoids and other polyphenolic active ingredients that act synergistically as anti-inflammatory, antioxidant and anti-cancer agents. Epidemiological and preclinical data from studies on the health effects of spinach confirm its beneficial effects [8,9,10,11,12,13].

According to the APG II Classification System (2003) [14], *Spinacia* L. genus belongs to the *Chenopodiaceae* subfamily of the *Amaranthaceae* family. In an earlier classification, spinach belonged to the *Chenopodiaceae* family. The genus is represented by three species: two wild ones, *S. turkestanica* Iljin and *S. tetrandra* Stev., and cultivated *S. oleracea* L. The species *S. tetrandra* was first described by Christian von Steven, a Russian botanist of Swedish origin, while studying the flora of the Caucasus (1809) [15], and was long considered the only wild spinach species. The species *S. turkestanica* was isolated by M.M. Iljin in 1934 as an independent species of wild spinach growing in Central Asia [16]. The distribution area of *S. tetrandra* is located mainly in Transcaucasia, while that of *S. turkestanica* is found in East and Central Asia, Uzbekistan, Turkmenistan, Afghanistan, and Iran [17,18,19].

The exact origin and the earliest date of *S. oleracea* cultivation are still unknown. It is believed that spinach was

introduced into culture about two thousand years ago in Iran (former Persia), from where it spread to China, Europe, North Africa and America [20]. These assumptions were confirmed by recent transcriptome sequencing of 120 spinach accessions. It was shown that the most likely progenitor of cultivated spinach is *S. turkestanica* [21,22].

Wild *S. turkestanica* is of considerable interest for spinach breeding for such economically valuable traits as cold and drought tolerance, resistance to the most common diseases, abiotic stresses, as well as soil salinity and acidity. Its biochemical composition has been studied little. In light of the growing interest to the nutritional value and composition of spinach, the present study is relevant.

The present work was aimed at revealing features of the biochemical profile and antioxidant activity in the cultivated spinach species (*S. oleracea*) and its wild predecessor (*S. turkestanica*).

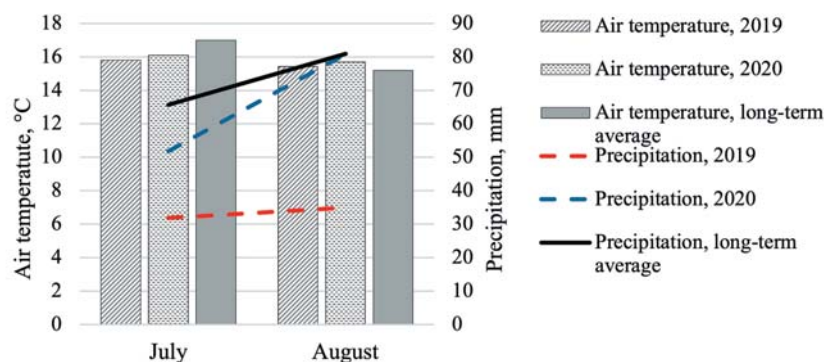
Materials and methods

The object of the study were two spinach species, *S. oleracea* and *S. turkestanica* (Fig. 1). The material for the experiment were 48 accessions from the spinach collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). The plants were grown in the open field of the "Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR" Research and Production Base (59°71'11275"N, 30°43032647"E) in 2019, 2020. Seeds were sown manually on July 15 in a row with a 10 cm distance between plants and 70 cm between rows. Biomass was sampled for analyzing in the rosette phase on day 40 from the sprouts emergence. Soils in Pushkin are predominantly sod-podzols and sandy loams. The accessions were grown against a natural background without the use of fertilizers and pesticides.

The weather conditions of the second half of the summer of 2019 and 2020 were generally favorable for growing spinach and were characterized by moderate air temperatures at the level of long-term mean values (Fig.2). The growing season of 2020 was characterized by a large amount of precipitation: in June by 20 mm, in August - by 45 mm. Irrigation was carried out if necessary. The weather conditions of both years of testing made it possible to obtain plants identical in habit and weight of one plant with the closest possible biochemical parameters.



Fig. 1. Experimental spinach species: *S. oleracea* L. (left) and *S. turkestanica* Iljin. (on right).
Рис. 1. Виды шпината в опыте: *S. oleracea* L. (слева) и *S. turkestanica* Iljin. (справа).



Source: PGR Automated Information Systems Department. Hydrometeorological station of VIR.

Fig. 2. Climatic characteristics of the growing seasons 2019, 2020 (Pushkin)

Рис. 2. Климатическая характеристика вегетационных периодов 2019, 2020 годов (г. Пушкин)

Biochemical analysis was carried out in the Department of Biochemistry and Molecular Biology of VIR. Accessions were processed and analyzed as described in Ermakov et al. [23]. Dry weight (in %) was measured gravimetrically. A 50 g portion of fresh substance was dried in a thermostat at 80 °C for 12 hours, and then at 105 °C for 1 hour to a constant weight. The content of ascorbic acid was determined by direct extraction from plants (10 g) with 1% HCl solution (according to I.K. Murri) followed by titration with 2,6-dichloroindophenol (Thielman's reagent) and expressed in mg/100 g. The total sugars content was determined by the Bertrand method. A 25 g sample was taken for the analysis. Oligosaccharides were preliminarily hydrolyzed with 10% HCl solution. The amount of cuprous oxide precipitate strictly corresponded to the amount of sugar in the solution. The settled precipitate of cuprous oxide was dissolved with iron sulfate (oxide) in the presence of sulfuric acid. In this case, copper oxide is oxidized completely, and ferrous oxide, in turn, is quantitatively oxidized with a titrated solution of potassium permanganate. The data are presented in percent. To measure the total acidity, a 25 g sample of fresh substance was homogenized in 250 ml of hot distilled water, then filtered, and 10 ml was titrated with 0.1 N alkali in the presence of an indicator. The results are expressed as a percentage, recalculated as oxalic acid. The protein content was measured by the Kjeldahl method [24]: a sample of dried and ground material was mineralized by heating with concentrated sulfuric acid at 420 °C for one and a half hours. Nitrogen was determined using a Kjelttec 2200 semi-automatic analyzer (FOSS, Sweden) followed by titration with 0.1 N sulfuric acid solution. The total protein content was calculated from nitrogen with a factor of 6.25 (for vegetable crops). Pigments were isolated with 100% acetone, and their absorption was measured on an Ultrospec II spec-

trophotometer (England) at different wavelengths (nm): 662 and 645 for chlorophylls a and b, 440 for carotenoids, and 454 for β -carotene. The total amount of soluble phenolic compounds was determined by Folin-Ciocalteu spectrophotometry (phenolic compounds were extracted with 80% alcohol and kept for 12^h in the dark at room temperature; absorption measured at 765 nm) modified by Singleton and Rossi [25]. The result was expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE) per 100 g. For assessing antioxidant activity, free radical colorimetry was used as a method based on the reaction of the ethanol-dissolved DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($C_{18}H_{12}N_5O_6$, $M = 394.33$)) with an antioxidant sample [26]. The result was expressed as ascorbic acid equivalent (AAE). All data are given in terms of crude matter.

The data were statistically processed in the Statistica 10.0 program and in the R environment. The descriptive statistics (mean values, standard error of the mean, and coefficient of variation) were calculated for all parameters. Pearson correlation coefficient values of $r < 0.5$ were considered as low, those in the range of $0.51 > r \geq 0.7$ as medium, in the range of $0.71 > r \geq 0.9$ as high, and those of $r \geq 0.9$ as very strong.

Results and discussion

The VIR spinach collection is represented by three known species and features a wide variety of genotypes both in terms of origin and year of inclusion in the collection, and in terms of morphological characteristics. All the studied accessions are of European or Asian origin. The largest number of accessions belongs to the species *S. oleracea*; 39 accessions are from European countries, Russia and Japan (Fig.3). *S. turkestanica* was represented by 9 accessions from Armenia, Kazakhstan, Uzbekistan, Tajikistan and China, which is consistent with historical data on the center of crop origin and ways of its spreading [19].

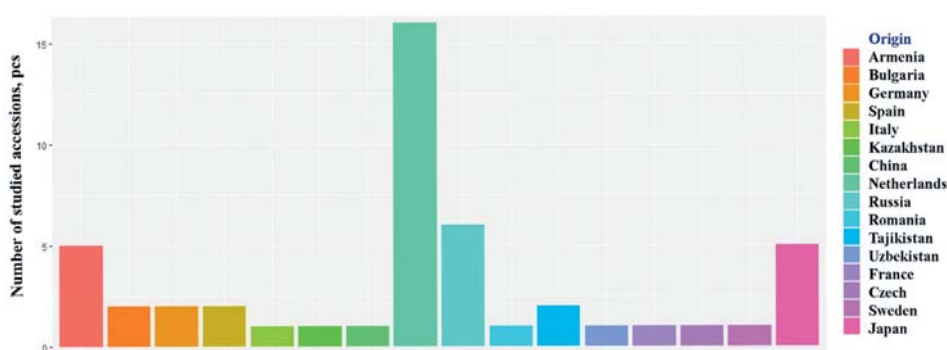


Fig. 3. Origin and number of the studied spinach accessions

Рис. 3. Происхождение и количество образцов шпината в опыте

Dry matter content. The content of dry matter is one of important indicators for judging the quality of vegetable raw matter. In the present study, the dry matter content did not differ significantly ($p < 0.05$) between accessions of the two species and averaged 10.5% for *S. oleracea* and 10.31% for *S. turkestanica* (Table 1). A weak variability of this trait is characteristic ($Cv=11-14\%$). The maximum content of 14.6% was noted in ‘Sp. Riccio DAmerica’ (k-942, Italy), an accession of *S. oleracea*. Dry matter content above the average was shown by 55.5% of the accessions of *S. turkestanica*.

Ascorbic acid content. A marked variation in the levels of ascorbic acid (vitamin C) among the tested genotypes was observed in the range from 24.8 to 62.0 mg/100 g. On the average, it was 40.9 mg/100 g. The maximum content of 62 mg/100 g was found in an accession of *S. turkestanica* from Tajikistan (k-942). No significant differences in the content of ascorbic acid were found between the two species. Similar data were obtained for *S. oleracea* by other authors when studying various genotypes grown in open ground conditions [27,28,29]. However, in protected ground conditions the differences between genotypes were much stronger. For instance, a study of a set of 34 *S. oleracea* genotypes in China has revealed a significant difference in the content of ascorbic acid [30]. This is explained by lighting conditions that affect the concentration of ascorbic acid in fruits and vegetables: a decreased light intensity usually leads to a decrease in its concentration and genotypic differences [31,32]. It may be assumed

that the genotypes of *S. turkestanica*, which formed under conditions of increased photosynthetic activity in the center of origin of the crop, are able to synthesize ascorbic acid more actively. Several components, including ascorbic acid and phenolic compounds, have been reported to inhibit nitrite toxicity in spinach [33]. No doubt that spinach, which accumulates more ascorbic acid, will be more beneficial for human health.

Content of chlorophylls and total acidity. The content of organic acids and chlorophylls in the studied accessions of the two species was similar and had no significant differences ($p < 0.05$).

Protein content. In terms of protein content, the group of *S. oleracea* accessions was superior to *S. turkestanica*. The maximum value of 29.11% was recorded for the ‘Ratnik’ variety (k-916, Russia). A general regularity was observed in the negative correlation between the content of protein and sugars (Fig. 4, 5). At the same time, this relationship was more significant ($r=-0.72$ ($p<0.05$)) in accessions of *S. turkestanica* vs. $r = -0.57$ ($p<0.001$) in *S. oleracea*.

Phenolic Content. Phenolic compounds are among the most common secondary plant metabolites [34]. Phenolic compounds found in spinach have a strong antioxidant effect due to the ability of their hydroxyl groups to scavenge free radicals. Extensive conjugation in the structure of flavonoids and numerous hydroxyl groups enhance their antioxidant properties [35]. Previous studies of spinach have shown that kaempferol (54%) predominates among

Table 1. Comparative characteristics of biochemical indicators of *S. oleracea* and *S. turkestanica*
Таблица 1. Сравнительная характеристика биохимических показателей образцов видов *S. oleracea* L. и *S. turkestanica* Iljin.

Biochemical indicators	<i>S. oleracea</i>	<i>S. turkestanica</i>	LSD05 ^d
	M±SE ^a (Cv ^b , %), Median (min÷ max) ^c		
Dry matter, %	10.5±0.2 (14.0%)	10.31±0.4 (11.0%)	1.18
Ascorbic acid, mg/100 g	41.0±1.3 (20.2%)	40.5±3.7 (27.2%)	7.32
Total sugars, %	0.46 (0.28÷1.86) ^c	0.83 (0.45÷2.38) c	-
Titrated acidity, %	0.17±0.01 (15.5%)	0.17±0.01 (14.6%)	0.02
Chlorophyll A, mg/100 g	82.4±2.92 (22.1%)	80.8±6.1 (22.5%)	15.2
Chlorophyll B, mg/100 g	32.7±1.1 (21.8%)	31.9±2.6 (24.7%)	6.05
Chlorophylls, mg/100 g	115.1±4.1 (22.0%)	112.8±8.6 (23%)	21.13
Carotenoids, mg/100 g	32.0±1.0 (20.0%)	32.0±1.9 (17.8%)	5.21
β-carotene, mg/100 g	5.44±0.2 (22.0%)	5.35±0.4 (21.7%)	0.99
Proteing, % of dry matter	25.4±0.3 (6.8%)	23.2±1.1 (14.3%)	1.74
Phenolic compounds, mg GAE/100 g	238.7 (82.9÷750.9) ^c	429.7 (112.6÷656.5) ^c	-
AOA ^e , µg AAE/100 g	166.3±10.0 (37.5%)	177.0±25.2 (42.7%)	54.0
DPPH ^f , %	56.8±2.9 (31.6%)	60.0±7.8 (39.1%)	15.8

^a M±SE – mean±standard error; ^b Cv – coefficient of variation; ^c standard distribution difference;

^d Least Significant Difference (LSD); ^e Antioxidant activity; ^f Antiradical activity

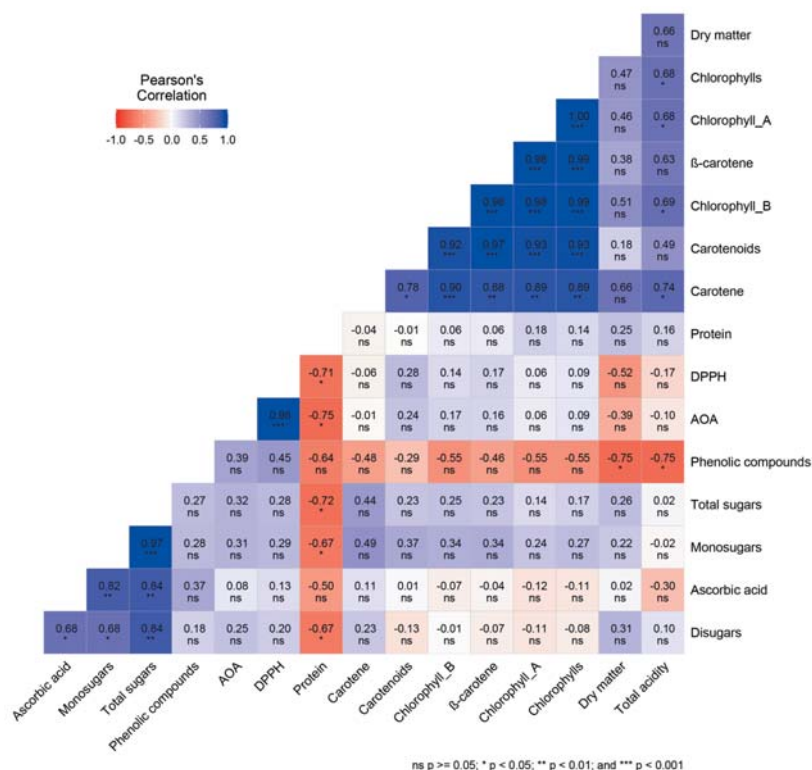


Fig. 4. Correlation matrix of biochemical parameters in genotypes of *S. turkestanica*

Рис. 4. Корреляционная матрица биохимических показателей генотипов вида *S. turkestanica* Ijin

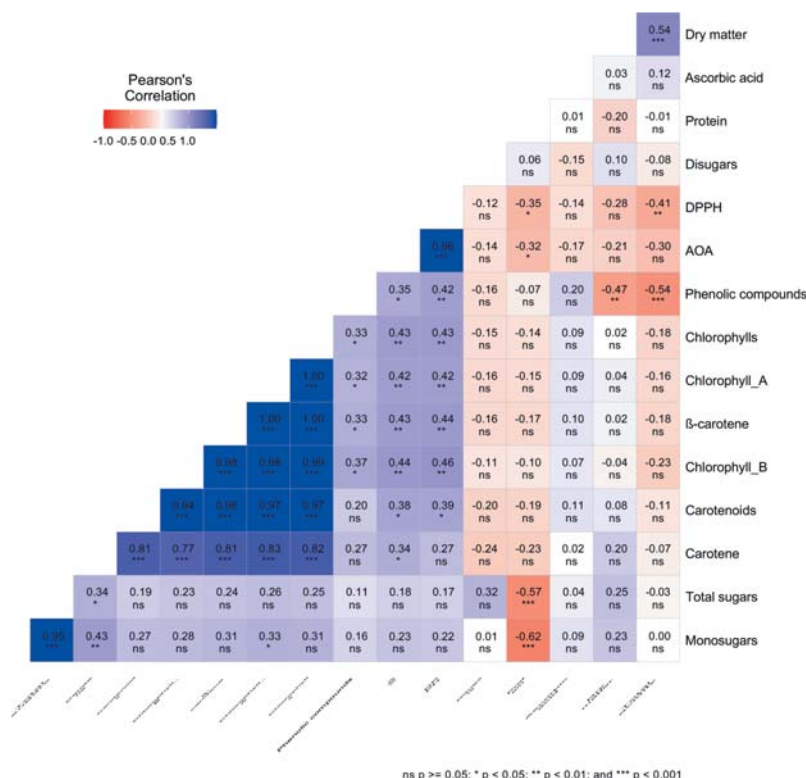


Fig. 5. Correlation matrix of biochemical parameters in genotypes of *S. oleracea*

Рис. 5. Корреляционная матрица биохимических показателей генотипов вида *S. oleracea* L.

the phenolic compounds, the content of gallic acid is 26% and that of galangin is 18% [36]. The content of phenolic elements in the studied accessions varied over a wide range. It should be noted that genotypes with a high content of phenolic elements were more common in *S. turkestanica*. The group with the above-average values included 23% of all *S. oleracea* and 34% of *S. turkestanica* accessions. Among accessions of the cultivated species, only those of Dutch and Russian origin turned out to be the

leaders. The maximum value of 750.0 mg GAE/100 g was found in the accession 'Gb. 25784' (k-941, the Netherlands). Among *S. turkestanica* accessions, one from Armenia (vk-935) with 656.5 mg GAE/100 g and another one from Tajikistan (vk-942) with 604.3 mg GAE/100 g were singled out regarding this indicator. A general trend demonstrated by the correlation matrix for the crop is that the higher the content of dry matter and total acidity in plants, the less phenolic elements they contain. The negative correlation of

these indicators in genotypes of the wild species was more significant: $r=-0.75$ ($p<0.05$) vs. $r=-0.47-0.54$ ($p<0.01$) in *S. oleracea* accessions. It was previously noted that the content of phenolic compounds in plants increases under conditions of high photosynthetically active radiation [37], as well as with the advance of the crop to northern latitudes [38,39]. We assume that the origin of *S. turkestanica* genotypes, which formed in climatic regions with active solar radiation and thus got adapted to such conditions, is reflected in the ability to accumulate phenolic elements.

Antioxidant and antiradical activity. Spinach is one of the most valuable green crops with pronounced antioxidant properties [36,40]. Antioxidant activity (AOA) is the ability to inhibit the oxidation process, and antiradical activity (DPPH) reflects the ability of compounds to react with free radicals. There is strong evidence for the role of the vegetable antioxidant components in health maintenance and disease prevention [41,42,43]. Compared with lettuce and kale, the AOA and DPPH values in spinach are higher by 39.5% and 24.2%, respectively, and slightly lower than in broccoli [44]. Literature confirms that along with blueberries, spinach has a high ability to scavenge free radicals [45,46,47]. In our studies, high AOA levels in representatives of *S. turkestanica* were more common (observed in 67% of accessions), while it was true for only 46% of *S. oleracea* accessions. The maximum values were noted in *S. turkestanica* from Kazakhstan (k-775), Tajikistan (k-942) and Armenia (k-960) – 244.04, 243.81 and 256.10 $\mu\text{g AAE}/100\text{ g}$, respectively. These accessions were distinguished by a high content of sugars, a low content of protein, oxalic, citric and pyruvic acids, fatty acids and alcohols. In general, AOA of spinach negatively correlated with protein content and was high in *S. turkestanica* accessions. ($r=-0.75$, $p<0.05$).

AOA of spinach is determined mainly by the pigment composition, i.e., chlorophylls and carotenoids, as well as by phenolic compounds. In the present study, the content of carotenoids in two spinach species did not have significant differences and averaged 32.0 mg/100 g. As shown in Figure 6 a close positive correlation between chlorophylls and carotenoids associated with AOA. Since the values of the pigment composition in the wild and cultivated species

are close, it can be assumed that the increased AOA and DPPH values in spinach are associated with the accumulation of phenolic compounds.

It is known that the main carotenoid found in spinach leaves is lutein, which averages 39% of the total carotenoids [30]. This pigment is a natural protective filter for the eyes, maintaining visual acuity. The human body is not able to synthesize lutein, so its intake into the body is directly related to nutrition. Spinach is a promising crop, a source of lutein and high AOA. Its promotion and consumption will contribute to the revitalization of the population.

Conclusions

The conducted studies showed that the comparison of biochemical parameters of *S. oleracea* and *S. turkestanica* revealed a significant similarity of the two species in most biochemical parameters, which confirms their phylogenetic relationship. A negative correlation between the content of protein and sugars was noted to be characteristic of both species. Significant differences were found in the content of phenolic elements, which determine the increased values of the antioxidant and antiradical activity of *S. turkestanica*. The maximum content of phenolic elements (750.0 mg GAE/100 g) was recorded for an *S. oleracea* accession 'Gb. 25784' (k-941, the Netherlands). In *S. turkestanica*, the highest values were demonstrated by accessions from Armenia (656.5 mg GAE/100g (vk-935) and Tajikistan (604.3 mg GAE/100 g) (k-942). These genotypes are of interest for breeding for an increased content of phenolic elements and AOA.

A negative relationship was revealed between dry matter content and total acidity with phenolic elements, which is more significant in *S. turkestanica*. Among the genotypes of the wild species, an accession from Tajikistan (k-942) is a source of high content of ascorbic acid (62 mg/100 g). For breeding for an increased AOA, *S. turkestanica* accessions from Kazakhstan (k-775) and Armenia (k-960) can be recommended.

In general, the biochemical composition of spinach is quite rich and has a beneficial effect on human health. The results of the study help to reveal the value of *S. turkestanica* and recommend its inclusion in breeding programs.

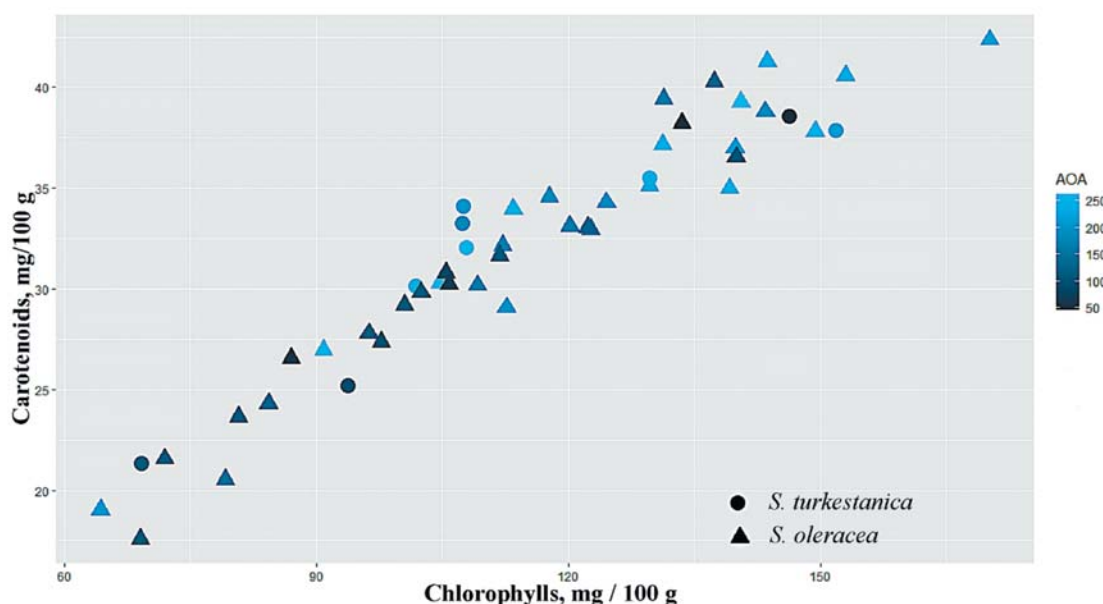


Fig. 6. Scatterplot of spinach chlorophylls and carotenoids

Рис. 6. Диаграмма рассеяния хлорофиллов и каротиноидов шпината. 1 – *S. turkestanica* L., 2 – *S. oleracea* L.

Об авторах:

Диана Викторовна Соколова – старший научный сотрудник Отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции свеклы, амаранта и шпината, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, автор для переписки, dianasokol@bk.ru
Алла Евгеньевна Соловьева – старший научный сотрудник отдела Биохимии и молекулярной биологии ВИР, <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

About the Authors:

Diana V. Sokolova – Senior Researcher, Department of Genetic Resources of Vegetable and Cucurbit Crops, Beet, spinach and amaranth collection curator, <https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, Correspondence Author, dianasokol@bk.ru
Alla E. Solovieva – Senior Researcher, Department of Biochemistry and Molecular Biology, <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

• **References**

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT, 2021. Available online: www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (date of access 13 января 2023 года).
- Mukhanova Yu.I., Trebukhina K.A. Expand assortment. *Potato and vegetables*. 1987;(1):23-25. (in Russian)
- Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. Moscow: Russian seeds. 1994. (in Russian)
- Hu J., Wu F., Wu S., Cao Z., Lin X., Wong M. H. Bioaccessibility, dietary exposure and human risk assessment of heavy metals from market vegetables in Hong Kong revealed with an *in vitro* gastrointestinal model. *Chemosphere*. 2013;91(4):455–461. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.11.066
- Morelock T.E., Correll J.C. Spinach. In: Prohens J., Nuez F. (eds.) Vegetables I. Handbook of plant breeding. Vol 1. Springer, New York. 2008.
- Tang L., Hamid Y., Sahito Z. A., Gurajala H. K., He Z., Feng Y., Yang X. Evaluation of variation in essential nutrients and hazardous materials in spinach (*Spinacia oleracea* L.) genotypes grown on contaminated soil for human consumption. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019;(79):95–106. doi:10.1016/j.jfca.2019.03.012
- Manzoor M. F., Ahmed Z., Ahmad N., Aadil R. M., Rahaman A., Roobab U., ... Siddeeq A. Novel processing techniques and spinach juice: Quality and safety improvements. *Journal of Food Science*. 2020;85(4):1018–1026. doi:10.1111/1750-3841.15107
- Longnecker M.P., Newcomb P.A., Mittendorf R., Greenberg E.R., Willett W.C. Intake of carrots, spinach, and supplements containing vitamin A in relation to risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1997;6(11):887–892.
- Lomnitski L., Bergman M., Nyska A., Ben-Shaul V., Grossman S. Composition, Efficacy, and Safety of Spinach Extracts. *Nutrition and Cancer*. 2003;46(2):222–231. doi:10.1207/s15327914nc4602_16
- Edenharder R., Keller G., Platt K.L., Unger K.K. Isolation and Characterization of Structurally Novel Antimutagenic Flavonoids from Spinach (*Spinacia oleracea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011;49(6):2767–2773. doi:10.1021/jf0013712
- Kotake-Nara E., Kushihiro M., Zhang H., Sugawara T., Miyashita K., Nagao A. Carotenoids Affect Proliferation of Human Prostate Cancer Cells. *The Journal of Nutrition*. 2001; 131(12):3303–3306. doi:10.1093/jn/131.12.3303
- Nyska A., Suttie A., Bakshi S., Lomnitski L., Grossman S., Bergman M., ... Maronpot R.R. Slowing Tumorigenic Progression in TRAMP Mice and Prostatic Carcinoma Cell Lines Using Natural Anti-Oxidant from Spinach, NAO—A Comparative Study of Three Anti-Oxidants. *Toxicologic Pathology*. 2003;31(1):39–51. doi:10.1080/01926230390173833
- Maeda N., Matsubara K., Yoshida H., Mizushima Y. Anti-cancer Effect of Spinach Glycoglycerolipids as Angiogenesis Inhibitors Based on the Selective Inhibition of DNA Polymerase Activity. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2011;11(1):32–38. doi:10.2174/138955711793564042
- An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2003;141(4):399–436. doi:10.1046/j.1095-8339.2003.011-1-00158.x
- Steven C.C. Decas plantarum nondum descriptarum Iberiae et Rossiae meridionalis (Mémoires de la société Impériale des naturalistes de Moscou, 1809, V. II, p. 173–183) (in Latine)
- Ilyin M.M. Family III. Chenopodia - Chenopodiaceae Less. Flora URSS : in 30 volumes / editor-in-chief V. L. Komarov. - M.; L. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1936. V.6. (ed. B. K. Shishkin) (in Russian)
- Uotila P. *Spinacia*. In: Reichinger K.H. (ed). Flora Iranica. Akademische Druck und Verlagsanstalt, Graz. 1997.
- Andersen S.B., Torp A.M. *Spinacia*. Chapter 13. In: Kole C. (ed.) Wild crop relatives: genomic and breeding resources vegetables. Springer, Berlin, 2011.
- Hallavant C., Ruas M.P. The first archaeobotanical evidence of *Spinacia oleracea* L. (spinach) in late 12th–mid 13th century A.D. France. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2014;23:153–165. doi:10.1007/s00334-013-0400-8
- Dekandol' A. Place of origin of cultivated plants: Translation from the 2nd fr. ed. with add. according to later sources. Dr. Chr. Gobi, prof. St. Petersburg. university (ed.). St. Petersburg: K. Ricker, 1885. (in Russian)
- Xu C., Jiao C., Zheng Y., Sun H., Liu W., Cai X., ... Wang Q. De novo and comparative transcriptome analysis of cultivated and wild spinach. *Scientific Reports*. 2015;(5):1–9. doi:10.1038/srep17706
- Xu C., Jiao C., Sun H., Cai X., Wang X., Ge C., Zheng Y., Liu W., Sun X., Xu Y., Deng J., Zhang Z., Huang S., Dai S., Mou B., Wang Q., Fei Z., Wang Q. Draft genome of spinach and transcriptome diversity of 120 *Spinacia* accessions. *Nature Communications*. 2017;(8):15275. doi:10.1038/ncomms15275
- Ermakov A.I. Biochemical research methods of plants. Leningrad, 1987. (In Russian)
- Kjeldahl J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. [New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Substances.] *Zeitschrift für analytische Chemie*. 1883;(22):366–383. doi:10.1007/BF01338151
- Ainsworth E.A., Gillespie K.M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*. 2007;2(4):875–877. doi:10.1038/nprot.2007.102
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 1995;28(1):25–30. doi:10.1016/s0023-6438(95)80008-5
- Girenko M.M. Initial material for breeding of leafy green crops in the north-western zone of the USSR (spinach, lettuce, dill) [dissertation]. Leningrad; 1964. (in Russian)
- Sychova I.V. Peculiarities of ecological methods for assessing the source material for the creation of heterotic spinach hybrids [dissertation]. Moscow; 2000. (in Russian)
- Koh E., Charoenprasert S., Mitchell A. E. Effect of Organic and Conventional Cropping Systems on Ascorbic Acid, Vitamin C, Flavonoids, Nitrate, and Oxalate in 27 Varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012;60(12):3144–3150. doi:10.1021/jf300051f
- Bergquist S.A.M., Gertsson U.E., Nordmark L.Y.G., Olsson M.E. Ascorbic Acid, Carotenoids, and Visual Quality of Baby Spinach as Affected by Shade Netting and Postharvest Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007;55(21):8444–8451. doi:10.1021/jf070396z
- Mozafar A. Plant Vitamins Agronomic, Physiological, and Nutritional Aspects. CRC Press: Boca Raton (1st edition). 1993. DOI:10.1201/9781351075800
- Proietti S., Moscatello S., Colla G., Battistelli Y. The effect of growing spinach (*Spinacia oleracea* L.) at two light intensities on the amounts of oxalate, ascorbate and nitrate in their leaves. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2004;79(4):606–609. doi:10.1080/14620316.2004.11511814
- Walker R. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives and Contaminants*. 1990;7(6):717–768. doi:10.1080/02652039009373938
- Zaprometov M.N. Phenolic compounds. Distribution, metabolism and functions in plants. Moscow. 1993. (in Russian)
- Cao G., Sofic E., Prior R.L. Antioxidant and Prooxidant Behavior of Flavonoids: Structure-Activity Relationships. *Free Radical Biology and Medicine*. 1997;22(5):749–760. doi:10.1016/s0891-5849(96)00351-6
- Deng G.-F., Lin X., Xu X.-R., Gao L.-L., Xie J.-F., Li H.-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *Journal of Functional Foods*. 2013;5(1):260–266. doi:10.1016/j.jff.2012.10.015
- Mikulic-Petkovsek M., Schmitzer V., Slatnar A., Stampar F., Veberic R. A comparison of fruit quality parameters of wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) growing at different locations. *Journal of Food and Agriculture*. 2014;95(4):776–785. doi:10.1002/jsfa.6897
- Åkerström A., Jaakola L., Bång U., Jäderlund A. Effects of Latitude-Related Factors and Geographical Origin on Anthocyanidin Concentrations in Fruits of *Vaccinium myrtillus* L. (Bilberries). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(22):11939–11945. doi:10.1021/jf102407n
- Lätti A.K., Jaakola L., Riihinen K.R., Kainulainen P.S. Anthocyanin and Flavonol Variation in Bog Bilberries (*Vaccinium uliginosum* L.) in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(1):427–433. doi:10.1021/jf903033m
- Lomnitski L., Carbonatto M., Ben-Shaul V., Peano S., Conz A., Corradin L., ... Nyska A. The Prophylactic Effects of Natural Water-Soluble Antioxidant from Spinach and Apocynin in a Rabbit Model of Lipopolysaccharide-Induced Endotoxemia. *Toxicologic Pathology*. 2000;28(4):588–600. doi:10.1177/019262300002800413
- Kanner J., Frankel E., Granit R., German B., Kinsella J. E. Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1994;42(1):64–69. doi:10.1021/jf00037a010
- Salah N., Miller N.J., Paganga G., Tijburg L., Bolwell G.P., Riceevans C. Polyphenolic Flavonols as Scavengers of Aqueous Phase Radicals and as Chain-Breaking Antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1995;322(2):339–346. doi:10.1006/abbi.1995.1473
- Bergman M., Varshavsky L., Gottlieb H.E., Grossman S. The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. *Phytochemistry*. 2001;58(1):143–152. doi:10.1016/s0031-9422(01)00137-6
- Chu Y.-F., Sun J., Wu X., Liu, R.H. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(23):6910–6916. doi:10.1021/jf020665f
- Wang H., Cao G., Prior R.L. Total Antioxidant Capacity of Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996;44(3):701–705. doi:10.1021/jf950579y
- Prior R.L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O'Brien C., ... Mainland C.M. Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of *Vaccinium* Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46(7):2686–2693. doi:10.1021/jf980145d
- Gil M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A. Effect of Postharvest Storage and Processing on the Antioxidant Constituents (Flavonoids and Vitamin C) of Fresh-Cut Spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999;47(6):2213–2217. doi:10.1021/jf981200l

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-30-37>
УДК 631.15: 635 1/8 (573.6)

Н.А. Сакара, Т.С. Тарасова, В.И. Ознобихин

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

*Автор для переписки: primfgbnu@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сакара Н.А., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И. К совершенствованию технологических процессов возделывания овощных культур на Дальнем Востоке. Обзор. *Овощи России*. 2023;(4):30-37.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-30-37>

Поступила в редакцию: 30.05.2023

Принята к печати: 20.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Nikolai A. Sakara*, Tatiana S. Tarasova, Vladimir I. Oznobikhin

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

* Corresponding Author: primfgbnu@mail.ru

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

For citations: Sakara N.A., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I. improvement of technological processes of cultivation of vegetable crops in the Far East. Review. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):30-37. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-30-37>

Received: 30.05.2023

Accepted for publication: 20.06.2023

Published: 05.07.2023

К совершенствованию технологических процессов возделывания овощных культур на Дальнем Востоке. Обзор

Резюме

Представлены результаты селекционной работы Приморской овощной опытной станции, работы в области семеноводства овощных культур, дана характеристика негативных процессов, протекающих в пахотных почвах региона и их снятие разработанной гребне-грядовой технологией возделывания техническими средствами с широкой базой. Дана сравнительная характеристика прежнего и широкорядного варианта по энергозатратам и расходу горючего.

По результатам селекционной работы Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО за период 1993-2023 годов станцией выведено и районированно 56 сортов и гибридов 19 основных овощных культур. Опыт работы Приморского филиала ФНЦО по семеноводству позволяет организовать производство на современном уровне с учетом богатого опыта других регионов России. В условиях муссонного климата и почв тяжелого гранулометрического состава, при общем недостатке тепла на их плодородие отрицательное влияние оказывают большое количество внешних факторов. Для выращивания овощей необходим комплекс мер по серьезной осушительной и оросительной мелиорациям (создание польдерных систем с закладкой систематического пластмассового дренажа) на фоне гребне - грядовой технологии возделывания культур, система мелкодисперсного орошения). Разработанная широкозахватная технология и комплекс машин позволяет внедрить ресурсосберегающую технологию, обеспечивающую экономию энергозатрат и топлива.

Improvement of technological processes of cultivation of vegetable crops in the Far East. Review

Abstract

The results of the selection work of the Primorsky vegetable experimental station, work in the field of seed production of vegetable crops are presented, the characteristics of the negative processes occurring in the arable soils of the region and their removal by the developed ridge-ridge technology of cultivation by technical means with a wide base are given. A comparative characteristic of the former and the wide-row version in terms of energy consumption and fuel consumption is given

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

Based on the results of the selection work of the Primorsky Vegetable Experimental Station for the period 1993-2023, the station bred and released 56 varieties and hybrids of 19 main vegetable crops. The experience of the Primorsky branch of the Federal scientific vegetable center allows organizing production at a modern level, taking into account the rich experience of other regions of Russia. In conditions of monsoon climate and soils of heavy granulometric composition, with a general lack of heat, their fertility is negatively affected by a large number of external factors. To grow vegetables, a set of measures is needed for serious drainage and irrigation reclamation (creation of polder systems with the laying of systematic plastic drainage) against the backdrop of ridge-ridge cultivation technology, fine irrigation system). The developed wide-cut technology and a set of machines make it possible to introduce a resource-saving technology that saves energy costs and fuel.



Введение

Ускоренное развитие овощеводства на российском Дальнем Востоке определяется необходимостью современной стабилизации численности населения на его территории и его рост в ближайшей перспективе за счет переселения [1,2]. Кроме того, общий дефицит овощной продукции составляет 408,4 тыс. т. Для его преодоления необходимо увеличить площадь посева (посадки) на 13 тыс. га и увеличить урожайность культур на 12,1% [3]. Для решения этих важных вопросов необходимо реализовать ряд мероприятий: улучшить сортимент культур, ввести в открытый оборот перспективные технологии механизации возделывания, первичной обработки после уборки урожая, обеспечить выбор участков для будущих овощных севооборотов. Все это необходимо рассматривать как единый инновационный процесс.

Эти отдельные части проблемы отчасти изучали на Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО. Результаты работ опубликованы в разнообразных источниках и существуют во многих материалах, что не позволяет получить целостное представление о крайне важном вопросе. Поэтому целью данной публикации является обобщение опубликованных ранее работ по совершенствованию технологических

процессов возделывания овощных культур в дальневосточных условиях, свод их в нечто единое. В соответствии с целью, сформулированы следующие задачи:

- 1) подвести краткие итоги селекции основных культур и показать состояние семеноводства,
- 2) дать характеристику гребне-грядовой технологии возделывания в местных условиях, в том числе оценить уровень механизации процессов при этой технологии возделывания культур,
- 3) обсудить общие вопросы организации процесса дальнейшего совершенствования технологических процессов возделывания овощных культур в дальневосточных условиях.

Результат и их обсуждение

Селекционеры Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО Корнилов А. С. , Михеев Ю.Г. , Войтенкова Л. И. , Хихлуха Е. А. , Лапина Н. В. и Синиченко Н. А. создали линейку высокопродуктивных сортов и гибридов основных овощных культур (капусты белокочанной, моркови, столовой свеклы, плодовых пасленовых, тыквенных и других) (таблица 1). По своим свойствам они хорошо вписываются в современные технологии выращивания овощной продукции.

Таблица 1. Сорта и гибриды овощных культур и картофеля, созданные на Приморской овощной опытной станции-филиала ФГБНУ ФНЦО и включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 1993-2023 годах
Table 1. Varieties and hybrids of vegetable crops and potatoes created at the Primorskaya Vegetable Experimental Station, 1993-2023

Культура	Число созданных сортов и гибридов	Сорт, гибрид и год их районирования в ДФО
Капуста белокочанная	7	Хуторок (1993), Кневичанка (1996), Сотка (2003), Артемовка (2003), Войкор (2009), Приморочка (2012), Прибрежная (2018)
Морковь столовая	4	Тайфун (1996), Суражеская-1 (2006), Приморская-22 (2014), Форвард F ₁ (2018)
Свекла столовая	3	Успех (1996), Приморская цилиндрическая (2009), Приморская -4 (2015)
Огурец	1	Суражевский (2018)
Томат	9	Одиссей (2004), Приморец (2008), Топтыжка (2008), Аскольд (2013), Дерсу (2013), Посыет (2013), Саммит (2013), Патрокл (2015), Фитилек (2023)
Баклажан	4	Квартет (1997), Егорка (2010), Медвежонок (2010), Жаворонок (2017)
Перец сладкий	6	Свежесть (2003), Артемка (2008), Улов (2008), Радость (2009), Амгу (2015), Лазо (2015)
Лук репчатый	3	Дмитрич (2011), Ракета (2011), Ивашка (2011)
Фасоль овощная	5	Тайга (1999), Изумрудная (2007), Сапфир (2010), Федосеевна (2015), Солнечная (2017)
Вигна (адзуки)	2	Азия (2020), Дальневосточная (2023)
Тыква крупноплодная	2	Надежда (2007), Внучка (2013)
Кукуруза сахарная	1	Анкор (2008)
Кабачок	1	Кит (2012)
Лоба	2	Малиновый шар (2005), Золотой рог (2016)
Редька европейская	1	Ночная красавица (2010)
Репка	1	Пурпурная Приморская (2011)
Сельдерей	1	Гамаюн (2010)
Петрушка корневая	1	Восточная (2008)
Пастернак	1	Салют Дальневосточный (2023)
Картофель		Артемовец (2020)
Всего 20 культур	56	За период 1993-2023гг.

Таблица 2. Фактическое и планируемое производство семян овощных культур на Приморской овощной опытной станции – филиал ФГБНУ ФНЦО в 2019-2025 годах
Table 2. Actual and planned production of vegetable seeds at the Primorskaya Vegetable Experimental Station, 2019-2025

Культура	Сорт	Производство семян, кг						
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Капуста	Кневичанка, Прибрежная, Приморочка	2,5	2,5	15	30	50	70	70
Морковь	Приморская 22, Суражевская 1, Форвард F ₁	3	3	60	150	450	600	600
Свекла столовая	Приморская 4	4	4	100	250	500	700	700
Огурец	Суражевский	1	50	150	250	400	450	500
Томат	Топтыжка, Приморец, Саммит, Посъет, Патрокл и др.	1	5	15	20	40	45	55
Перец сладкий	Радость, Лазо, Амгу и др.	0,5	2	15	30	30	30	30
Баклажан	Егорка, Медвежонок и др.	0,5	2	15	30	30	30	30
Тыква	Надежда, Внучка и др.	1	5	20	100	100	150	200
Редьки	Молиновый шар, Ночная красавица, Золотой рог и др.	0,5	5	10	20	20	25	30
Кукуруза овощная	Анкор	3	15	100	150	150	200	250
Лук репчатый	Дмитрич, Ракета, Ивашка	4	10	100	200	300	350	400
Прочие	Кабачок, астра, петрушка и др.	4	10	50	100	100	120	150
Всего		25	113,5	650	1330	2170	2770	3065

Таким образом, создана обстоятельная и надежная система из 56 сортов почти по 20 культурам.

После выведения сортов их поддержание связано с их семеноводством. Состояние семеноводства овощных культур в 2019-2025гг представлено в таблице 2.

Таблица 3. Потребность в семенах овощных культур в ДФО в 2020-2025 годах, т [3]
Table 3. Demand for vegetable seeds in the Far Eastern Federal District in 2020-2025, tons

Культура	2020-2021 годы	2022-2025 годы
Капуста	5,1	8,3
Морковь	8,3	12,8
Свекла столовая	18,9	32,2
Огурец	4,8	6,0
Томат	1,1	1,3
Лук репчатый	3,6	4,2
Прочие	9,7	11,7
Всего	51,5	76,5

Однако этих объемов недостаточно для полного обеспечения семенами овощных культур собственного производства в ДФО даже к уровню 2025 года (таблица 3).

Из данных таблицы 3 видно, что необходимо произвести и завезти к 2025 году: семян капусты – 8,3 т; моркови – 12,8; свеклы столовой – 32,2; огурца – 6,0; томата 1,3; лука репчатого – 4,2; прочих – 11,7; всего – 76,5 т.

Для обеспечения овощеводства всех видов собственности только для Приморского края требуется, по нашим расчетам около 22,0 т семян овощных культур на период до 2025 года.

Поступление семян овощных культур потребителям может идти из нескольких источников:

1) семена овощных культур, произведенные научными учреждениями Дальнего Востока, авторами которых они являются на основе государственно-частного сотрудничества. Объем производства – до 39% от потребности в Приморском крае, т. е. 8,5 т. Основные потребители – все категории хозяйств;

2) поступление через розничную торговую сеть в виде пакетированных и весовых семян. Объем поступления до 30% от потребности. В основном это инорайонные семена российского производства. Всего реализуется 6,6 т. Основными потребителями являются личные подсобные хозяйства, мелкие фермерские хозяйства;

3) профессиональные семена иностранных производителей охватывают 25% потребности, т.е. 5,5 тонн. В основном их потребление будет в сельскохозяйственных предприятиях и крупных фермерских хозяйствах;

4) недостающее количество семян овощных культур в объеме 6% от общей потребности, можно будет устранить за счет развития их самопроизводства в индивидуальных хозяйствах Приморского края (дачники, огородники и др.).

Приморская ООС - филиал ФГБНУ ФНЦО производила до 2017 года 2,0-2,5 т семян овощных культур. В отдельные годы 3,5-4,0 т по 12-18 овощным культурам. Выращивание семян осуществлялось на самой ПООС и её 5 отделениях. Возвращение к системе семеноводства овощных культур, разработанной на станции в начале 21 века, позволило бы закрыть 20-30% потребности края в семенах или 45-50% объема реализуемых семян в крае.

Для возрождения семеноводства на Приморской ООС – филиала ФГБНУ ФНЦО имеются все материальные предпосылки: земельные окультуренные участки, цех доработки семян с набором современной техники,

навесы и складские помещения. Требуется только поддержка на федеральном, региональном и местном уровнях, вкладывать денежные средства в эту отрасль и стабильное ее финансирование. Трудный вопрос – подбор кадров, за последние годы наблюдался отток кадров по различным причинам. Но возрождать семеноводство обязательно нужно.

Территория Дальнего Востока представляет кладезь негативных процессов, проявляющихся на пахотных почвах. Ниже они перечисляются, дана их очень краткая характеристика и приемы их нейтрализации:

1. Переувлажнение почв во второй половине лета [4-9]. В период ливневых дождей, вызванных тайфунами, на ровной поверхности пахотный горизонт обводняется до полной влагоемкости и находится по микро понижениям в таком стоянии длительное время, при этом корневая система растений отмирает. Необходимо осушение устойчивыми кротовинами, перфорируемыми пластмассовыми дренажными трубками в сочетании с гребне-рядовой технологией возделывания культур [7].

2. Дефицит почвенной влаги весной и в первую половину лета [4]. Припосадочные поливы, орошение мелкодисперсным [5] и внутрипочвенным регулируемым орошением, орошение по бороздам из оросителей-сбросов на дальневосточных рисовых системах [8].

3. Ливневая эрозия [9], интенсивный смыв пахотного плодородного слоя почвы. Рифление поверхности под углом к общему склону позволяет предотвратить смыв за счет аккумуляции вод в бороздах и их более медленную фильтрацию через гребни.

4. Ирригационная эрозия [10] часто случается после полива, на который накладывается интенсивный дождь – необходимо строительство автоматизированных систем с мелкодисперсным дождеванием [11].

5. Паводочная эрозия [12, 13]. Смывы, размывы, погребение посадок, гибель посевов в периоды летних наводнений. Выбор не затапливаемых участков, строительство польдерных систем.

6. Наводнения [14]. Затопление летними паводковыми водами, вымокание, снос посевов. Пойменная (первая-почти ежегодно и не раз затапливаемая), высокопойменная (вторая- затапливаемая 1 раз в 5 лет) и третья террасы (частично затапливаемая 1 раз в 20 лет) – строительство капитальных польдерных систем, защищающих посевы.

7. Коркообразование [15]. Тяжелосуглинистый и легкоглинистый пылевато-иловатый гранулометрический и монтмориллонитовый минералогический составы почв обуславливает образование прочной и устойчивой корки после просыхания по окончании дождей. Разбавление пекотом, золой золоотвалов ТЭЦ [16]. Более частая обычная обработка почв – культивация.

8. Переуплотнение [16]. Работа на переувлажненной почве любой техники приводит к переуплотнению почв – необходимо регулярное рыхление постоянных мест прохода.

9. Дефляция весной и ранним летом [17]. Создание ветрозащитных лесных, кустарниковых полос и посев ветрозащитных полевых высокостебельных полос. Внедрение мелкодисперсного и внутрипочвенного регулируемого орошения [13].

10. Малая мощность гумусовых горизонтов целинных и пахотных почв (буроподзолистых (отбеленных), луго-

во-бурых отбеленных, луговых глееватых, подзолов и пр. [17] – классическая схема добиться увеличения мощности до «нормальной» (20-24 см) заключается во внесении высоких доз органических удобрений (более 200 т/га), приготовленных на основе торфокомпостов и возделывания злаково-бобовых смесей многолетних трав с припашкой по 2 см нижележащего малоплодородного слоя. Это растягивается на многие десятилетия ротации севооборотов [18].

11. Снижение содержания гумуса в пахотном горизонте в результате «естественной» антропогенной дегумификации [19], то есть под влиянием микробиологических процессов, протекающих в любых условиях, часть гумуса минерализуется. При внесении органических удобрений, наличии в севообороте многолетних трав и сидеральных культур это явление резко замедляется. В многолетнем опыте в Приморской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО показано, что введение сдвоенного овсяно-соевого сидерального пара в четырехпольном севообороте делает баланс гумуса слабоположительным [20].

12. Снижение содержания гумуса при внесении некоторых гербицидов [21]. В результате внесения отдельных гербицидов, влияющих на протекание микробиологических процессов почве, происходит подавление одних групп микробиоценоза и рост численности деструкторов органики. Вопрос пока слабо изучен. Но надо вводить обязательную сертификацию гербицидов.

13. Слабая нитрификация активность весной из-за глубокого зимнего промерзания и медленного прогревания и протаивания весной [22]. Дробное внесение нитратов.

14. Избыточная естественная кислотность почв [23]. Большая часть почв, даже пойменных, требует известкования по полной гидролитической кислотности [24], так как овощные культуры требовательны к реакции среды.

15. Снижение подвижности и усвояемости подвижных форм фосфора, калия и кальция в период иссушения и железно-марганцевого конкреции-образования [25-29]. Активизация подвижности фосфора возможна корнями сои, локальным внесением удобрения, известкованием почв. Активизация калия возможна, так же локальным внесением калийных удобрений [30].

16. Подкисление естественное [19]. При естественных и антропогенных факторах воздействия на пахотный горизонт почв идет их самопроизвольное подкисление. Для снятия этого процесса необходимо периодическое известкование, локальное внесение извести [27].

Все эти негативные последствия снимались полностью или частично специальной организацией гребне-рядовой поверхности поля (рифлением) [32-50]. После рифления поверхности образуется мощный, хорошо аэрируемый гумусовый горизонт.

Параметры пахотного горизонта (см) при гребне-рядовой технологии выглядят следующим образом:

Глубина борозды ряды	см	20-24	22-26
Ширина борозды ряды	см	60-70	60-70
Ширина ряды	см	65-70	110-120
Ширина гребня по низу	см	70	90
Ширина гребня по верху	см	20-25	35-40
Высота гребня	см	24-25	24-30
Число гребней на рядке	шт.	2	2-3

Таблица 4. Изменение свойств почв при рифлении поверхности
Table 4. Changes in soil properties

Показатели	Единицы измерения	Величины при применении в овощеводстве *
Поверхность поля за счет рифления	разы	> 1,5
Солнечная радиация	разы	> 1,5
прямая	разы	> 1,5
рассеянная	разы	> 1,5
Мощность культурного пахотного слоя	см	> 23-30 см
Физика: крошение на почвенные агрегаты		
>50 мм	%	< 6-10
1-10 мм	%	> 6-9
Гидрофизика: среднесуточное снижение абсолютной		
влажности почв до 85-90 НВ	%	>1,4- 1.5
аэрация	%	> 20
испарение с поверхности	мм/сут	> 3
полная влагоемкость	%	> 10
полевая (наименьшая) влагоемкость	%	> 10
диапазон активной влаги	%	> 5-6
Теплофизика	теплоемкость	
температура ранней весной	° С	> 5-10
Агрохимия: гумусовый горизонт	см	> 5-10
азот нитратный	мг/100 г	> 10 -25
азот аммиачный	мг/100 г	< 5-7
азот нитритный	мг/100 г	<1-2
фосфор подвижный	мг/100 г	>2-3
калий подвижный	мг/100 г	>3-4
активная кислотность рН водное	рНв	>0,2- 0,5

* > - символ больше; < - символ меньше

Фрезерным культиватором обеспечивается лучшее крошение почвы при ее предпосевной обработке [41], а это повышает качество посева семян и посадки рассады.

Изменение свойств пахотного слоя почв при рифлении поверхности выглядит следующим образом (табл. 4).

Такие кардинальные изменения обуславливают изменение производственного процесса при гребне-рядовой технологии [39], он намного улучшается:

Рекомендованная Приморской овощной опытной станцией – филиала ФГБНУ ФНЦО необходимая комплектность машин с шириной захвата 5,4 м на площадь

Таблица 5. Комплектность машин с шириной захвата 5,4 м
Table 5. Completeness of machines with a working width of 5.4 m

Машины	Полное название
	трактор МТЗ-82 с шириной колеи 180 см
БОН-5,4	бороздореж-профилеобразователь
АПО-5,4	агрегат почвообрабатывающий-посевной
МРП-5,4	рассадопосадочная машина
Нибекс-5,4	сеялка точного посева
КФО-5,4-01	культиватор фрезерный
КОР-5,4	культиватор-растениепитатель
ПОМ-630-2	подкормщик-опрыскиватель

Всхожесть семян	%	> 13-15
Приживаемость рассады	%	> 4-6
Количество сорняков однолетних	%	< 11-38
Оптимальное размещение культур:		
– капусты белокочанной и томата	см	60 +120
– моркови и свеклы столовой	см	45+45+90
– огурца	см	180+180
Урожайность	%	>15-57

Таблица 6. Энергоемкость и расход топлива на возделывание белокачанной капусты базовым и новым комплексами машин
Table 6. Energy intensity and fuel consumption for the cultivation of white cabbage by the basic and new machine complexes

Технологические операции	Базовый комплекс с шириной захвата 4,2 м		Новый комплекс с шириной захвата 5,4 м		Экономия ресурсов, %	
	удельная энергоемкость, кВт*ч/га	расход топлива, кг/га	удельная энергоемкость, кВт*ч/га	расход топлива, кг/га	Удельная энергоемкость,	расход топлива,
Профилирование поверхности почвы предпосевная обработка гряд	35,4	15,80	28,7	11,51	18,9	27,2
Посадка рассады	12, 8	11,49	13,9	8,56	8,6	25,5
Междурядные и химические обработки	74,9	34,50	62,7	27,10	16,3	21,4
Итого	123,1	61,79	105,3	47,17	14,5	23,7

посева и посадки овощных культур до 40-50 га представлена в таблице 5 [39].

Разработка комплекса машин с шириной захвата 5,4 м вместо 4,2 м способствовало созданию энерго- и ресурсосберегающий вариант комплекса машин (таблица 6) [39].

Формирование более мощных гребней и гряд при внедрении широкозахватной технологии 5,4 м приводит к возможности формирования мощной корневой системы овощных растений и повышению их урожайности.

Выводы

1. По результатам селекционной работы Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО за период 1993-2023 годов станцией выведено и районированно 56 сортов и гибридов 20 основных культур (овощные – 19, картофель – 1), чем создан задел для их повсеместного внедрения в производство.

2. Опыт работы Приморского филиала ФНЦО по семеноводству позволяет организовать это производство на современном уровне с учетом богатого опыта других регионов России. Обязательно обеспечение планируемых семеноводческих хозяйств современной техникой и приспособлениями на основе лизинга. Конечно, необхо-

димо помочь Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО возродить семеноводство, решив кадровые, финансовые и прочие организационные вопросы.

3. В условиях муссонного климата и почв тяжелого гранулометрического состава, при общем недостатке тепла на их плодородие отрицательное влияние оказывают большое количество внешних факторов. Для выращивания овощей необходим комплекс мер по серьезной осушительной и оросительной мелиорациям (создание полевых систем с закладкой систематического пластмассового дренажа) на фоне гребне-рядовой технологии возделывания культур, система мелкодисперсного орошения).

4. Рифление поверхности пахотного слоя (образование гребней и рядов) снижает результирующее действие этих многих негативных факторов и позволяет повысить урожай овощей до приемлемого уровня. Рекомендуемый Приморской ООС- филиал ФГБНУ ФНЦО широкозахватный (5,4м) комплекс машин, позволяет внедрить ресурсосберегающую технологию, обеспечивающую экономию удельной энергоемкости на 14,5 % и топлива на 23,7 % при возделывании овощных культур в Дальневосточном федеральном округе.

Об авторах:

Николай Андреевич Сакара – кандидат с.-х. наук, зам. руководителя по научной работе, nsakara@inbox.ru
Татьяна Сергеевна Тарасова – младший научный сотрудник
Владимир Иванович Ознобихин – кандидат с.-х. наук, научный консультант, профессор

About the Authors:

Nikolai A. Sakara – Cand. Sci. (Agriculture), Deputy Scientific Director, nsakara@inbox.ru.
Tatiana S. Tarasova – Junior Research
Vladimir I. Oznobikhin – Cand. Sci. (Agriculture), Scientific Consultant, professor

• Литература

1. Сухомиров Г.И. Проблема самообеспечения сельскохозяйственными продуктами в регионах Дальневосточного федерального округа. *Проблемы развития территории*. 2017;1(87):173–186. EDN XSAJIV.
2. Шелепа А.С. Дальневосточное село: состояние и организационно-экономические проблемы развития. Хабаровск: ХГАЭП, 2006. 184 с.
3. Сакара Н.А., Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Сухомиров Г.И., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И. Основные проблемы дальневосточного овощеводства. *Овощи России*. 2020;(6):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9>. EDN VDWOQQ.
4. Авченко В.Ф., Годун Б.К., Дьяков И.П. и др. Система возделывания овощных культур и картофеля в Приморском крае. Методич. рекомендации. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1982. 112 с.
5. Березников К.П., Бажнова Л.Е., Ознобихин В.И. Средние многолет-

ние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам. Справочник /Дальний Восток. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. Т. 2. Урал, Западная Сибирь, Дальний Восток, Казахстан, Средняя Азия. 67 с. А2.

6. Бортин Н.Н., Ознобихин В.И. Экологическая оценка мелиорации земель на Дальнем Востоке. Проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке: Сб. науч. тр. Владивосток: ДальНИИГиМ. 2014;(18):34-45.
7. Степанов А.Н. Осушение земель Дальнего Востока. М.: Колос. 1976. 239 с.
8. Ротарь В.П., Голодный В.Н., Ничепоренко Е.Н., Ознобихин В.И. К изучению влияния некоторых приемов освоения на влажность переувлажненных почв. *Агрометеорология. Тр. Дальневост. н.и. гидрометеорол. ин-та*. Л.: Гидрометеоиздат. 1988;(134):80-83.

9. Якименко В.И., Ознобихин В.И., Морозов М.М., Пиценко И.Н. Урожайность культур на мелиорируемых землях в экстремальные по переувлажнению годы [после тайфуна Джуди]. *Повышение эффективности мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке: итоги и перспективы исследований*: Тез. докл. IV зон. науч. конф. г. Уссурийск. Ч. I. Мелиорация земель. Кн. 3. Программирование урожаев на мелиорируемых землях. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 24-31.
10. Дербенцева А.М. Опасность дефляции почв Приморья. *Почвоведение*. 1987;(7):130-137.
11. Жулина Н.П., Корляков А.С., Ознобихин В.И. Технология орошения гребневых посевов суходольных культур по бороздам в рисовом севообороте. *Экологические и экономические проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке России*: Сб. тр. / ФГУП ДальНИИГиМ. Вып. 14. Владивосток: ДальНИИГиМ, 2001. С. 43-49.
12. Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Пуртова Л.Н., Степанова А.М., Сакара Н.А. и др. Ирригационная эрозия почв в условиях муссонного климата. Владивосток: Изд-во ДВУ, 2010. 120 с.
13. Степанов А.Н., Безруков А.Ю., Майстренко М.С. и др. Орошение овощных культур малыми поливными нормами в условиях муссонного климата. Владивосток: ДальНИИГиМ, 1987. 60 с.
14. Амачаев В.П., Балябин В.Ф., Ознобихин В.И. и др. Технико-экономический доклад (ТЭД) о противоэрозионных мероприятиях для защиты народнохозяйственных объектов Приморского края от наводнений. Владивосток: Союздальгипропроект, 1993. 156 с.
15. Балябин В.Ф., Амачаев В.П., Бортин Н.Н. и др. Защита от наводнений Приморского края. *Защита от наводнений населенных пунктов, народнохозяйственных объектов, сельскохозяйственных и других ценных земель в Приморье*: Федераль. целев. программа. Владивосток: изд-во Вектор, 1996. 84 с.
16. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Голов В.И., и др. Агропромышленный комплекс [негативные процессы в почвах]. *Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края* (Экологическая программа). Владивосток: Дальнаука, 1993. Ч. 1. (Продолжение). С. 287-347.
17. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвенные ресурсы Приморского края и рационализация их использования. *Вестник ДВО РАН*. 1993;(4-5):28-36.
18. Воложенин А.Г. О системе земледелия в Приморье. Владивосток: ДВ. кн. изд-во, 1971. 147с.
19. Синельников Э.П., Слабко Ю. Агрогенезис почв Приморья. М.: Изд-во ГНУ ВНИИА, 2005. 280 с.
20. Сакара Н.А., Колодкин В.Г., Тарасова Т.С., Жильцов А.Ю., Кольев Н.В., Нестерова О.В., Ознобихин В.И. Основные итоги и перспективы исследований в овощеводческом земледелии в условиях муссонного климата Приморья. *Вестник ДВО РАН*. 2019;(3):64-68. DOI 10.25808/08697698.2019.205.3.011. EDN OCOLER.
21. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Костенков Н.М. и др. Влияние гербицидов на процессы гумусообразования и микробиологическую активность лугово-бурых отбеленных почв Приморья. *Агрохимия*. 2008;(1):26-35. EDN IBYXPN.
22. Блохин В.Д., Моисеенко А.А., Ступин В.М. Научные основы земледелия на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2011. 216 с.
23. Грицун А.Т. Система удобрений. *Агрохимическая характеристика почв СССР*. Дальний Восток. М.: Наука, 1971. С. 46-69.
24. Федчун А.А. Известкование кислых почв в Приморском крае: Метод. указания / А.А. Федчун, Ю.И. Слабко, В.И. Ознобихин, А.А. Аксенов, А.А. Фёдоров, Б.К. Годун, В.И. Голов, Л.М. Рясинская, Н.В. Хавкина, Владивосток: ДВНЦ АН СССР (БПИ), 1985. 56 с.
25. Аксенов А.А., Ильина С.Н., Ознобихин В.И.. Содержание различных форм калия при внесении калийных удобрений на известкуемых почвах с низким содержанием обменного калия. *Изменение почвенного покрова Дальнего Востока в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации*: Тр. Примор. с.-х. ин-т, Уссурийск: ПСХИ. 1978. Вып. 52. С. 349-355.
26. Жарикова Е.А. Калий в почвах восточной буроземно-лесной области России. Владивосток: Дальнаука, 2006. 135 с.
27. Неунылов Б.А., Федчун А.А., Рясинская Л.М. К вопросу о поведении кальция при известковании почв. Изменение почвенного покрова Дальнего Востока в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации. Сб. науч. тр. Примор. с.-х. ин-т. Уссурийск, 1978. Вып. 52. С.124-129.
28. Стрельченко Н.Е. Фосфатный режим переувлажняемых почв юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 143 с.
29. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв в России и пути его регулирования. *Агрохимия*. 2020;(6):3-13. DOI 10.31857/S0002188120060125. EDN POXVQI.
30. Сакара Н.А., Колодкин В.Г., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И., Кольев Н.В. Влияние хлористого калия на урожай и качество продукции в овощных севооборотах на окультуренных почвах юга Приморья. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2018;3(199):27-34. EDN YSDXJB.
31. Сакара Н.А., Ознобихин В.И., Тарасова Т.С. Ванюшкина И.А. К определению пригодности сельскохозяйственных земель под овощные плантации по почвенным показателям в Приморском крае. *Известия ФНЦО*. 2023;(1):16-24. DOI 10.18619/2658-4832-2023-1-16-24. EDN TAIGBM.
32. Гребне-грядовая технология возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке. Хабаровск: кн. изд-во, 1974. 286 с.
33. Казьмин Г.Т. Мелиоративная система земледелия – основа гряды-гребневых технологий возделывания сельскохозяйственных культур на Дальнем Востоке. Хабаровск: кн. изд-во, 1990. 55 с.
34. Канделя М.В., Уланов С.А. Гребне-грядовая технология возделывания кукурузы и сои в условиях переувлажнённых почв. *Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема*. 2019;4(37):55-59. EDN POWKWA.
35. Колосков П.И. Метод гребневой обработки почвы для природных условий муссонного климата умеренного пояса. *Тр. НИИ агроклиматологии*. 1959;(7):85-92.
36. Сакара Н.А., Жильцов А.Ю. Севообороты в адаптивно-ландшафтных системах земледелия на Дальнем Востоке. *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока*: сб. науч. тр. РАСХН, ДВНМЦ, Примор. НИИСХ. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 142-149.
37. Сакара Н.А. Особенности адаптивно-ландшафтного подхода при территориальной организации овощных агроландшафтов в Приморском крае. *Картофель и овощи*. 2006;(6):15-17. EDN HUYYPB.
38. Сакара Н.А., Иванов И.М. Современные подходы при построении и оценке овощных севооборотов в Приморском крае в рамках концепции экологически и экономически сбалансированного землепользования. *Генезис и биология почв на юге Дальнего Востока*. К 70-летию со дня рождения Г.И. Иванова. Владивосток: ДВО РАН, 1994. С. 349-35X
39. Сидоренко С.П. Технологическое обоснование комплекса машин для возделывания овощных культур в зоне Дальнего Востока. М.: ВНИИО, 1987. 23 с.
40. Федяй В.П. Итоги и перспективы исследований по разработке технологий производства овощей в Приморском крае. *Аграрный вестник Приморья*. 2018;4(12):23-27.
41. Колодкин В.Г., Юн В.Л. Механизированные технологии овощеводства на Дальнем Востоке. *Картофель и овощи*. 2014;(4):2-7. EDN SAFMVD.
42. Федяй В.П. Технологические основы овощеводства в Приморском крае. Современное состояние и перспективы развития овощеводства и картофелеводства на юге Дальнего Востока России: материалы науч.-практич. конф., посвящ. 20-летию ГНУ ПООС ВНИИО РАСХН. 2008. Артем: ПООС, 2008. С.135-143.
43. Федяй В.П. Осваивайте современные агротехнологии. *Картофель и овощи*. 2008;(5):8-10. EDN JUKHLN.
44. Федяй В.П. Технологические основы современного овощеводства на юге Дальнего Востока России. *Вестник овощевода*. 2011;(2):10-13.
45. Федяй В.П. Разработка технологии и комплекса для производства пряно-ароматических культур. *Картофель и овощи*. 2013;(6):11-12. EDN QZPRDX.
46. Федяй В.П. Механизация уборки лука в Приморье. *Картофель и овощи*. 2015;(10):28. EDN UNECIH.
47. Федяй В.П. Особенности проведения исследований по разработке технологий производства овощных культур в условиях Приморского края. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2015;3(35):56-63.
48. Федяй В.П. Итоги, особенности и перспективы исследований по разработке технологий производства овощных культур в условиях Приморского края. *Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях* / Сб. науч. тр. М.: ФГБНУ ВНИИО, 2015. С. 388-394.
49. Черненко А.Д. Гребневой способ возделывания сахарной свёклы в нечерноземной полосе СССР. *Достижения в науке и передовой опыт в свекловодстве*. М.: Сельхозгиз. 1957. С. 50-59.
50. Щупак К.Д. Картофель в условиях избыточного увлажнения почв Еврейской автономной области. Тр. *Дальневосточного филиала АН СССР им. В.Л. Комарова*. Серия растениеводство. 1952. Т.1. С. 83-100.

• References

1. Sukhomirov G.I. The issue of self-sufficiency of the regions of the far eastern federal district with agricultural products. *Problems of territory's development*. 2017;1(87):173-186. EDN XSAJIV. (In Russ.)
2. Shelepa A.S. Far Eastern village: state and organizational and economic problems of development. Khabarovsk: KHGAEP, 2006. 184 p. (In Russ.)
3. Sakara N.A., Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Sukhomirov G.I., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I. Main problems of Far Eastern vegetable growing. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9>. EDN VDWOQQ.

4. Avchenko V.F., Godun B.K., Dyakov I.P., et al. The system of cultivation of vegetable crops and potatoes in Primorsky Krai. Methodical. recommendations. Novosibirsk: SO VASHNIL, 1982. 112 p. (In Russ.)
5. Bereznikov K.P., Bazhnova L.E., Oznobikhin V.I. Average long-term reserves of productive moisture under winter and early spring grain crops by regions, territories, republics and economic regions. Directory. Far East. L.: Hydrometeoizdat, 1989. Vol. 2. Ural, Western Siberia, Far East, Kazakhstan, Central Asia. 67 p. A2. (In Russ.)
6. Bortin N.N., Oznobikhin V.I. Ecological assessment of land reclamation in the Far East. *Problems of land reclamation and water management in the Far East: Collection of scientific tr. Vladivostok: Dalniigim.* 2014;(18):34-45. (In Russ.)
7. Stepanov A.N. Land drainage. M.: Kolos. 1976. 239 p. (In Russ.)
8. Rotar V.P., Golodny V.N., Nicheporenko E.N., Oznobikhin V.I. To study the influence of some methods of development on the humidity of waterlogged soils. *Agrometeorology.* 1988;(134):80-83. (In Russ.)
9. Yakimenko V.I., Oznobikhin V.I., Morozov M.M., Pichenko I.N. Crop yield on reclaimed lands. 9. on reclaimed lands in extreme waterlogging years [after typhoon Judy]. Improving the efficiency of land reclamation and water management in the Far East: results and prospects of research: Tez. dokl. IV zones. scientific. conf. Ussuriysk. Ch. I. Land reclamation. Book 3. Programming of harvests on reclaimed lands. Vladivostok: DVO of the USSR Academy of Sciences, 1987. P. 24-31. (In Russ.)
10. Derbentseva A.M. Danger of soil deflation in Primorye. *Soil Science.* 1987;(7):130-137. (In Russ.)
11. Zhulina N.P., Korlyakov A.S., Oznobikhin V.I. Irrigation technology of ridge crops of dry crops by furrows in rice crop rotation // Ecological and economic problems of land reclamation and water management in the Russian Far East.. Vol. 14. Vladivostok: Dalniigim, 2001. P. 43-49. (In Russ.)
12. Starozhilov V.T., Derbentseva A.M., Purtova L.N., Stepanova A.M., Sakara N.A., et al. Irrigation erosion of soils in monsoon climate. Vladivostok: Publishing House of the DVU, 2010. 120 p. (In Russ.)
13. Stepanov A.N., Bezrukov A.Yu., Maistrenko M.S. and others. Irrigation of vegetable crops with small irrigation wells in a monsoon climate. Vladivostok: Dalniigim, 1987. 60 p. (In Russ.)
14. Amachaev V.P., Balyabin V.F., Oznobikhin V.I. et al. Technical and economic report (TED) on flood prevention measures to protect national economic facilities of Primorsky Krai from floods. Vladivostok: Soyuzdalgiproris, 1993. 156 p. (In Russ.)
15. Balyabin V.F., Amachaev V.P., Bortin N.N. et al. Flood protection of Primorsky Krai. /Flood protection of settlements, national economic objects, agricultural and other valuable lands in Primorye: Federal. tselev. program. Vladivostok: Vector Publishing House, 1996. 84 p. (In Russ.)
16. Kostenkov N.M., Oznobikhin V.I., Golov V.I., et al. Agro-industrial complex [negative processes in soils]. Long-term program of nature protection and rational use of natural resources of Primorsky -Krai (Ecological program). Vladivostok: Dalnauka, 1993. Part 1. (Continued). P. 287-347. (In Russ.)
17. Kostenkov N.M., Oznobikhin V.I. Soil resources of Primorsky Krai and rationalization of their use. *Vestnik of the Far East branch of the Russian Academy of Sciences.* 1993;(4-5):28-36. (In Russ.)
18. Volozhenin A.G. On the system of agriculture in Primorye. Vladivostok: DV. kn. publishing house, 1971. 147 p. (In Russ.)
19. Sinelnikov E.P., Slabko Yu. Agrogenesis of soils of Primorye. M.: Publishing house of GNU VNIIO, 2005. 280 p. (In Russ.)
20. Sakara N.A., Kolodkin V.G., Tarasova T.S., Zhiltsov A.Yu., Kolev N.V., Nesterova O.V., Oznobikhin V.I. Main results and prospects of research in vegetable farming in the conditions of the monsoon climate of Primorye. *Bulletin Vestnik of the Far East branch of the Russian Academy of Sciences.* 2019;(3):64-68. DOI 10.25808/08697698.2019.205.3.011. EDN OCOLER. (In Russ.)
21. Purtova L.N., Shchapova L.N., Kostenkov N.M., etc. The influence of herbicides on the processes of humus formation and microbiological activity of meadow-brown bleached soils of Primorye. *Agrohimia.* 2008;(1):26-35. EDN IBYXPN. (In Russ.)
22. Blokhin V.D., Moiseenko A.A., Stupin V.M. Scientific foundations of agriculture in the Far East of Russia. Vladivostok: Dalnauka, 2011. 216 p. (In Russ.)
23. Gritsun A.T. System of fertilizers. *Agrochemical characteristics of soils of the USSR.* Far East. Moscow: Nauka, 1971. P. 46-69. (In Russ.)
24. Fedchun A.A. Liming of acidic soils in Primorsky Krai: Method. Instructions / A.A. Fedchun, Yu.I. Slabko, V.I. Oznobikhin, A.A. Aksenov, et al., V.I. Golov, L.M. Ryasinskaya, N.V. Khavkina, Vladivostok: DVNTs of the USSR Academy of Sciences (BPI), 1985. 56 p. (In Russ.)
25. Aksenov A.A., Ilyina S.N., Oznobikhin V.I. The content of various forms of potassium when applying potash fertilizers on limed soils with a low content of exchangeable potassium. Changes in the soil cover of the Far East as a result of agricultural use and land reclamation. Ussuriysk. 1978. Issue 52. P. 349-355. (In Russ.)
26. Zharikova E.A. Potassium in the soils of the eastern brown-earth forest region of Russia. Vladivostok: Dalnauka, 2006. 135 p. (In Russ.)
27. Neunlyov B.A., Fedchun A.A., Ryasinskaya L.M. On the behavior of calcium during soil liming. Changing the soil cover of the Far East as a result of agricultural use and reclamation. Ussuriysk, 1978. Issue 52. P. 124-129. (In Russ.)
28. Strelchenko N.E. Phosphate regime of waterlogged soils in the south of the Far East. Vladivostok: Far Eastern Publishing House, 1982. 143 p. (In Russ.)
29. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrohimia.* 2020;(6):3-13. DOI 10.31857/S0002188120060125. EDN POXVQL. (In Russ.)
30. Sakara N.A., Kolodkin V.G., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I., Kolyev N.V. Effect of potassium chloride upon productivity and quality of production in the vegetable crop rotations on the cultured soils in the southern Primorsky kra. *Vestnik of the Far East branch of the Russian Academy of Sciences.* 2018;3(199):27-34. EDN YSDXJB. (In Russ.)
31. Sakara N.A., Oznobikhin V.I., Tarasova T.S. Vanyushkina I.A. To determine the suitability of agricultural land for vegetable plantations by soil indicators in the Primorsky Krai. *News of FSVC.* 2023;(1):16-24. DOI 10.18619/2658-4832-2023-1-16-24. EDN TAIGBM. (In Russ.)
32. Ridge-ridge technology of cultivation of agricultural crops in the Far East. Khabarovsk: Publishing house, 1974. 286 p. (In Russ.)
33. Kazmin G.T. The reclamation system of agriculture is the basis of ridge-ridge technologies of cultivation of agricultural crops in the Far East. Khabarovsk: Publishing House, 1990. 55 p. (In Russ.)
34. Kandelya M.V., Ulanov S.A. Combine and row technology of vegetable and potato cultivation in soil overhumidation area. *Sholom-Aleichem Priamursky state university bulletin.* 2019;4(37):55-59. EDN POWKWA. (In Russ.)
35. Kolosov P.I. Method of comb tillage for natural conditions of the monsoon climate of the temperate zone. *Tr. Research Institute of Agro-Climatology.* 1959;(7):85-92. (In Russ.)
36. Sakara N.A., Zhiltsov A.Yu. Crop rotations in adaptive landscape systems of agriculture in the Far East. *Agarian science - agricultural production of the Far East: collection of scientific tr. / RASKHN, DVNMC, Primor. NIISH.* Vladivostok: Dalnauka, 2005. P. 142-149. (In Russ.)
37. Sakara N.A. Features of adaptive landscape approach in the territorial organization of vegetable agricultural landscapes in Primorsky Krai. *Potato and vegetables.* 2006;(6):15-17. EDN HYIYPB. (In Russ.)
38. Sakara N.A., Ivanov I.M. Modern approaches to the construction and evaluation of vegetable crop rotations in Primorsky Krai within the framework of the concept of ecologically and economically balanced land use. *Genesis and biology of soils in the south of the Far East. To the 70th anniversary of the birth of G.I. Ivanov.* Vladivostok: FEB RAS, 1994. P. 349-355. (In Russ.)
39. Sidorenko S.P. Technological justification of a complex of machines for the cultivation of vegetable crops in the Far East zone. Autoref. dis. ...Ph.D. M.: VNIIO, 1987. 23 p. (In Russ.)
40. Fedyay V.P. Results and features of researches on elaboration of technologies of vegetable production in Primorye region. *Agarian Bulletin of Primorye.* 2018;4(12):23-27. (In Russ.)
41. Kolodkin V.G., Yun V.L. Mechanized technologies of vegetable growing in Far East OF Russia. *Potato and vegetables.* 2014;(4):2-7. EDN SAFMVD. (In Russ.)
42. Fedyai V.P. Technological foundations of vegetable growing in Primorsky Krai // Current state and prospects of development of vegetable and potato growing in the south of the Russian Far East: materials of scientific and practical conf., dedicated. To the 20th anniversary of the GNU POOS VNIIO RASKHN. 2008. Artem: POOS, 2008. P.135-143. (In Russ.)
43. Fedyai V.P. Master the modern technologies! *Potato and vegetables.* 2008;(5):8-10. EDN JUKHLH. (In Russ.)
44. Fedyai V.P. Technological foundations of modern vegetable growing in the south of the Russian Far East. *Bulletin of the vegetable grower.* 2011;(2):10-13. (In Russ.)
45. Fedyai V.P. Development of technology and complex for the production of spicy-aromatic crops. *Potato and vegetables.* 2013;(6):11-12. EDN QZPRDX. (In Russ.)
46. Fedyay V.P. Mechanization of onion harvesting in Primorye. *Potato and vegetables.* 2015;(10):28. EDN UNECIH. (In Russ.)
47. Fedyai V.P. Features of the research on the development of technologies for the production of vegetable crops in the conditions of Primorsky Krai. *Far Eastern Agrarian Herald.* 2015;3(35):56-63. (In Russ.)
48. Fedyai V.P. Results, features and prospects of research on the development of technologies for the production of vegetable crops in the Primorsky Territory. *Scientific support of the vegetable growing industry of Russia in modern conditions.* M., 2015. P. 388-394. (In Russ.)
49. Chernenkov A.D. Comb method of sugar beet cultivation in the non-chernozem zone of the USSR. *Achievements in science and best practices in beet farming.* Moscow: Selkhozgiz. 1957. P. 50-59. (In Russ.)
50. Schupak C.D. Potatoes in conditions of excessive soil moisture in the Jewish Autonomous Region. Tr. Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences named after V.L. Komarov. Crop production series. 1952. Vol. 1. P. 83-100. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-38-42>
УДК 635.63:581.1.044:631.559

Т.В. Штайнерт, А.В. Алилуев*

ООО «Гетерозисная селекция»
г. Миасс, Челябинская обл., Россия

*Автор для переписки: aliluev@semena74.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Штайнерт Т.В., Алилуев А.В. Влияние фиторегуляторов пола на продуктивность огурца. *Овощи России*. 2023;(4):38-42. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-38-42>

Поступила в редакцию: 30.05.2023

Принята к печати: 21.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Tatiana V. Steinert, Anatoliy V. Aliluev*

Heterosis Selection LLC
Miass, Chelyabinsk region, Russia

*Corresponding Author: aliluev@semena74.com

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Steinert T.V., Aliluev A.V. The effect of sex phyto regulators on cucumber productivity. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):38-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-38-42>

Received: 30.05.2023

Accepted for publication: 21.06.2023

Published: 05.07.2023

Влияние фиторегуляторов пола на продуктивность огурца

Резюме

Актуальность. Фиторегуляторы пола занимают важное место в семеноводстве родительских форм огурца, позволяют смещать пол растения в нужную сторону, усиливать напряженность отбора, получать чисто женские линии, повышать эффективность гибридного семеноводства. **Результаты.** В работе представлены регламенты применения эсфона на селекционной линии ЖЛ 24, которая является материнской формой гибрида Богатая грядка F₁. Для получения максимального количества женских цветков, без существенного угнетения вегетативного роста необходимо трехкратно с интервалом в 5 суток обрабатывать вегетирующие растения, начиная с фазы второго настоящего листа раствором эсфона (BP. 65%) в концентрации 0,03% (300 мг/л) с целью предотвращения близкородственных скрещиваний и повышения гибридности семян. Этот прием стимулирует более раннее развитие пестичных цветков, сводит к минимуму образование мужского цветения, увеличивает количество плодов на растении, их размер и массу, что позволяет увеличить урожайность с единицы площади на 40%.

Ключевые слова: огурец, женская линия, регуляторы роста, выраженность полового типа, гибридное семеноводство



The effect of sex phyto regulators on cucumber productivity

Abstract

Relevance. Gender phyto regulators occupy an important place in the seed production of parental forms of cucumber, they allow you to shift the sex of the plant in the right direction, increase the intensity of selection, obtain purely female lines, and increase the efficiency of hybrid seed production.

Results. The paper presents the regulations for the use of Esfon on the breeding line ZhL 24, which is the mother form of the hybrid Rich garden F₁. To obtain the maximum number of female flowers, without significant inhibition of vegetative growth, it is necessary to treat vegetative plants three times with an interval of 5 days, starting from the phase of the second true leaf, with a solution of Esfon (BP. 65%) at a concentration of 0.03% (300 mg/l) with the purpose of preventing closely related crosses and increasing the hybridity of seeds. This technique stimulates the earlier development of pistillate flowers, minimizes the formation of male flowering, increases the number of fruits per plant, their size and weight, which allows increasing the yield per unit area by 40%.

Keywords: cucumber, female line, growth regulators, sexual type, hybrid seed production



Рис. Линия ЖЛ-24 в технической и биологической спелости

Введение

Огурец (*Cucumis sativus* L.) ($2n=14$), относящийся к семейству Тыквенные (Cucurbitaceae), является одной из распространенных овощных культур в нашей стране, что обусловлено высокими вкусовыми и диетическими качествами плодов. Скороспелость культуры позволяет с одинаковым успехом выращивать его как в защищенном, так и в открытом грунте, а частичная двудомность – использовать его в селекции на гетерозис. Растение огурца формирует раздельнополые цветки (пестичные, тычиночные), количественное их соотношение составляет показатель выраженности пола.

Чем меньше мужских цветков приходится на одни женский, тем сильнее выражен женский пол [1]. Особую значимость этот показатель имеет для гибридов, так как напрямую связан с урожайностью и скороспелостью. Половой тип растения определяется генетическими факторами, условиями выращивания и воздействием химических веществ (регуляторов пола) [2,3]. У обычных сортов соотношение женских и мужских цветков у сортов составляет 1:15 [4]. Этот показатель можно свести к минимуму, используя некоторые химические вещества. Они оказывают разностороннее влияние на растения – биометрические показатели, выраженность пола, номер первого женского узла, продуктивность.

Выраженность пола у огурца зависит от эндогенного уровня гормонов пола и от экзогенных факторов (химических регуляторов).

Стадия 2–4-х настоящих листьев у огурца является критической. В этот период идет дифференциация полового типа. Цветочные бугорки в меристемах конуса нарастания в этот период несут набор и мужских, и женских клеток, т.е. являются обоеполюми. Обработка растений в этот период соответствующими реагентами позволяет сместить пол растения в нужную сторону. Это подтверждено анатомическими исследованиями [5].

Современной биологической наукой накоплен огромный опыт в использовании регуляторов роста, оказывающих влияние на различные стороны жизнедеятельности растительного организма, координирующих направленность морфогенеза [6-8].

Одним из средств, усиливающим женский пол растения, является эсфон (этрел или 2-хлорэтилфосфоновая кислота). Препараты, содержащие соли 2-хлорэтилфосфоновой кислоты имеют широкое отечественное и мировое производство. В связи с этим существует множество торговых наименований: Этрел, Этефон, Эсфон и т.д. Эсфон не накапливается в растительных и других объектах биосферы. При его метаболизме образуется этилен, который не отличается от эндогенного регулятора и легко выделяется в атмосферу, а также фосфоновая кислота, входящая в состав многих нормальных метаболитов растений [9,10].

Очень важным моментом в селекции гетерозисных гибридов огурца является степень выраженности женского пола у материнских форм. Усилить этот показатель возможно обрабатывая растения эсфоном. Сорта, линии, гибриды по-разному реагируют на обработку ростостимулирующими веществами, как по проявлению пола, вегетативному росту и по урожайности. Поэтому для каждого сортообразца необходимо разрабатывать индивидуальные регламенты применения

Целью данной работы было изучить действие Эсфона на показатели вегетативного роста и продуктивности материнской линии огурца.

Материалы и методы

Опыты проводились на экспериментальном участке ООО «Гетерозисная селекция» в 2021-2022 гг. Объектом исследования явился гибридный семеноводческий процесс. Материалы исследования – растения линии (ЖЛ 24), используемой в качестве самостоятельного сорта преимущественно женского типа цветения и материнского компонента гибрида огурца Богатая грядка F₁ (оригинаторы ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН и ООО «Гетерозисная селекция»), регулятор роста Эсфон, ВР (65 %).

Линия ЖЛ 24 женского типа цветения (Ж1-5), пчелоопыляемая. В верхнем ярусе растения, выше 20-го междоузлия возможно образование партенокарпических плодов. Растение детерминантное, среднеоблиственное, среднелетистое. Плети средней длины. Растение преимущественно женского типа цветения. В пазухах первых междоузлий возможно образование мужских цветков. Период всходы – плодоношение 43-45 суток. Зеленец цилиндрической формы, с небольшими полосками, короткий 8-10 см в длину, диаметром 2,8-3,0 см с белым опушением, среднебугорчатый, расположение бугорков редкое, массой 68-75 г. Число завязей в одном узле 1-2 шт.

Посев семян в грунт в третьей декаде мая по схеме (70+140)х20 см. Площадь учетной делянки 6,3 м². Густота растений 5 раст./м². Повторность двухкратная. Эсфон, ВР (65%) наносили на точку роста в фазу 2-х настоящих листьев с помощью опрыскивателя в концентрациях: 0,01; 0,02; 0,03; 0,04%. В контрольном варианте на точку роста наносилась дистиллированная вода. Всего было проведено три обработки с интервалом в 5 суток. Фенологические и биометрические наблюдения проводились согласно существующим методикам [11,12]. С каждой делянки для учета было отобрано по 10 растений. В ходе наблюдений учитывались следующие показатели в динамике: длина главного стебля, число боковых побегов первого порядка, число междоузлий на главном стебле, число дней до появления женского цветения, номер первого женского узла, число женских и мужских цветков на растении, их соотношение, длина, диаметр и масса плода, число плодов с одного растения, урожайность с 1 м².

Математическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Snedecor 5 [13].

Метеорологические условия в годы исследований контрастно различались по гидротермическому режиму в сравнении с многолетними данными климатической зоны. Это позволило дать объективную оценку экспериментальному материалу.

Результаты исследования и их обсуждение

Длина главной плети

Обработка эсфоном существенно повлияла на длину главной плети. С увеличением концентрации препарата происходило уменьшение длины главного стебля. В таблице 1 показана динамика роста главного стебля при разных концентрациях. В конце вегетации через 90 суток после обработки были зафиксированы окончательные значения.

Ингибирующее действие Эсфона связано, по всей вероятности, с прекращением митотических процессов в меристемах корня и побега, влияющих на общую длину растения. Кроме того, этилен, образующийся при метаболизме Эсфона ингибирует ИУК, транспорт в растительных клетках, подавляя удлинение [14], способствует ускоренному метаболизму ауксинов, что приводит к

Таблица 1. Влияние различных концентраций Эсфона на длину главного стебля растений огурца, среднее за 2021-2022 годы
Table 1. Effect of different concentrations of Esfon on the length of the main stem of cucumber plants, average for 2021-2022

Концентрация, %	Высота растения в динамике (см), число суток после обработки					
	15	30	45	60	75	90
Контроль	14,36	27,38	65,82	110,1	134,4	155,2
0,01	13,74	25,66	65,35	99,1	133,5	149,4
0,02	12,60	24,00	57,74	93,7	111,6	135,2
0,03	12,66	24,08	55,92	93,2	113,7	134,5
0,04	11,38	23,05	49,37	73,5	103,6	119,8
HCP ₀₅	1,77	2,69	5,11	9,69	8,72	18,45
CV, %	7,86	6,94	6,55	6,81	5,23	15,42

преждевременному снижению уровня их концентрации. Это подтверждается также работами авторов [15]. Аналогичные результаты наблюдались у *Cucumis melo* L. [16]. При дальнейшем увеличении концентрации до 0,05% наблюдается гибель растений [17]. Таким образом, увеличение дозы эсфона ведет к пропорциональному уменьшению высоты растений.

Количество междоузлий на растении

Количество междоузлий на растении увеличивается с повышением концентрации препарата. Максимальное значение признака в конце вегетации было отмечено в вариантах с концентрациями 0,02 и 0,03% (табл.2). Аналогичная тенденция наблюдалась на всех этапах наблюдений. С увеличением концентрации до 0,04% наблюдается уменьшение количества междоузлий.

Значительное увеличение количества междоузлий в вариантах обработки Эсфоном в концентрациях 0,02 и 0,03% связано с тем, что в этих же вариантах в большей степени уменьшалась длина главной плети по сравнению с другими концентрациями и контролем, а также с уменьшением длины междоузлий.

Степень ветвления

Наблюдения за растениями в динамике позволяют сделать вывод о том, что с увеличением концентрации ветвление растений увеличивается, достигая своего максимума при значении 0,03%. При дальнейшем повышении наблюдается некоторое снижение степени ветвления к концу

вегетационного периода. Эти результаты находятся в соответствии с аналогичными работами зарубежных исследователей [18,19].

Фенология цветения

Линия ЖЛ 24 – преимущественно женского типа цветения, на которой в контроле образуется некоторое количество мужских цветков, вплоть до шестого междоузлия (ЖО-ЖБ). С увеличением концентрации эсфона наблюдалась тенденция к снижению номера первого мужского узла, вплоть до полного исчезновения тычиночных цветков при максимальной концентрации в 0,04%. Подобные результаты получены и по женскому цветению. Несмотря на угнетение вегетативного роста, максимальная концентрация препарата в 0,04% способствует усилению женского пола. Пестичные цветки начинают формироваться сразу с первого междоузлия (табл. 4).

Кроме того, сокращается период всходы-начало женского цветения почти на 6 суток. Таким образом, с увеличением концентрации эсфона растения становятся более скороспелыми.

Соотношение мужского и женского цветения

Соотношение количества женских и мужских цветков показывает степень выраженности женского пола. С этим показателем тесно связаны скороспелость и общая урожайность. Поэтому в селекционных программах ему уделяется пристальное внимание. Результаты влияния различных концентраций эсфона на абсолютные (общее число мужских и женских цветков) и относительные

Таблица 2 Влияние различных концентраций Эсфона на число междоузлий на главном стебле растений огурца, среднее за 2021-2022 годы
Table 2 Effect of various concentrations of Esfon on the number of internodes on the main stem of cucumber plants, average for 2021-2022

Концентрация, %	Число междоузлий (шт.), число суток после обработки					
	15	30	45	60	75	90
Контроль	3,78	9,00	11,96	25,35	32,44	34,16
0,01	4,33	9,15	11,98	25,38	32,85	36,22
0,02	4,54	11,58	15,45	29,12	45,12	49,84
0,03	4,59	12,11	17,88	31,38	44,85	48,96
0,04	4,35	11,23	16,95	30,27	41,54	43,52
HCP ₀₅	0,54	2,22	3,05	3,88	8,24	8,95
CV, %	6,34	12,55	10,15	7,65	8,22	8,54

Таблица 3. Влияние различных концентраций Эсфона на число боковых побегов растения огурца, среднее 2021-2022 годы
Table 3. Effect of different concentrations of Esfon on the number of lateral shoots of a cucumber plant, average 2021-2022

Концентрация, %	Число междоузлий (шт.), число суток после обработки				
	30	45	60	75	90
Контроль	0,80	1,86	3,84	4,02	4,65
0,01	0,81	1,84	3,95	4,11	4,89
0,02	1,05	2,25	4,25	4,88	5,73
0,03	1,03	2,32	4,78	5,32	6,21
0,04	1,22	2,45	4,65	5,28	5,76
HCP ₀₅	0,30	0,40	0,72	0,82	0,86
CV, %	18,44	11,56	5,35	10,55	11,69

Таблица 4. Влияние различных концентраций Эсфона на характер проявления мужского и женского цветения, среднее 2021-2022 годы
Table 4. The influence of various concentrations of Esfon on the nature of the manifestation of male and female flowering, average 2021-2022

Концентрация, %	Номер 1-го узла		Период всходы-цветение, суток	
	♂	♀	♂	♀
Контроль	3,00	5,35	25,75	29,32
0,01	2,86	5,19	25,89	28,15
0,02	2,54	3,66	28,19	26,45
0,03	1,86	1,45	29,15	24,58
0,04	-	1,00	-	23,36
HCP ₀₅	1,05	1,45	2,11	2,54
CV, %	16,87	16,54	17,45	16,87

Номер первого узла - номер междоузлия, в котором образуется первый женский либо первый мужской цветок

тельные (их соотношение) показатели цветения представлены в таблице 5.

Растения, обработанные Эсфоном в концентрации 0,03% образовали максимальное число женских цветков. С увеличением дозировки наблюдается тенденция не только к задержке мужского цветения по времени, но и к уменьшению количества цветков, вплоть до полного их исчезновения в варианте с 0,04 %-ной концентрацией. Растения преимущественно женского типа цветения становятся чисто женскими.

Длина и диаметр плода

Максимальная длина плода зафиксирована в контрольном варианте (табл. 6). С увеличением концентра-

ции наблюдалась тенденция к уменьшению длины плода, увеличению диаметра и, соответственно, уменьшению индекса плода. По своей форме цилиндрические плоды становились овально-цилиндрическими. Существенные различия наблюдались в вариантах 0,03 и 0,04%.

Урожайность и элементы ее структуры

Важными показателями, из которых складывается урожай, являются число плодов на растении и средняя масса плода. Они находятся в зависимости от концентрации фиторегулятора и максимальные значения проявляют в варианте 0,03% (табл.7).

Таблица 5. Влияние различных концентраций Эсфона на структуру цветения, среднее 2021-2022 годы
Table 5. Effect of different concentrations of Esfon on the structure of flowering, average 2021-2022

Концентрация, %	Общее количество цветков на растении, шт.	Соотношение	♂:♀
	♂	♀	
Контроль	51,2	107,8	0,47
0,01	34,6	126,5	0,27
0,02	24,2	154,1	0,16
0,03	13,6	155,2	0,09
0,04	0	142,3	0
HCP ₀₅	6,88	15,84	0,11
CV, %	6,89	8,44	0,44

Таблица 6. Влияние различных концентраций Эсфона на длину и диаметр плода, среднее 2021-2022 годы
Table 6. Effect of various concentrations of Esfon on the length and diameter of the fetus, average 2021-2022

Концентрация, %	Длина, см L	Диаметр, см D	Индекс формы плода L/D
Контроль	11.51	3.44	3.35
0,01	11.17	3.51	3.18
0,02	10.23	3.50	2.92
0,03	10.36	3.62	2.86
0,04	9.05	3.65	2.47
HCP ₀₅	1.08	0.15	0.43
CV, %	5,06	6,24	2,55

Таблица 7. Влияние различных концентраций Эсфона на урожайность зеленца, среднее 2021-2022 годы
Table 7. Effect of various concentrations of Esfon on the yield of greens, average 2021-2022

Концентрация, %	Урожайность, кг/м ²	Число плодов на растении, шт.	Средняя масса плода, г
Контроль	2,74	15,23	72,74
0,01	2,80	15,35	74,92
0,02	3,38	17,44	78,66
0,03	3,85	18,29	82,48
0,04	2,77	14,85	75,21
НСР ₀₅	0,55	2,02	5,62
CV, %	18,12	15,42	7,84

Более высокие концентрации, несмотря на обильное образование пестичных цветков, ведут к снижению урожай-

ности и элементов ее структуры. Вероятно, они оказывают ингибирующее действие на формирование зеленца подобно показателям вегетативного роста, о которых говорилось выше. Вариант опыта с 0,03%-ной концентрацией оказался самым оптимальным, так как не угнетал растения на всех этапах, обеспечивал баланс между вегетативным и генеративным развитием, формировал достаточное количество женских цветков, что и послужило предпосылкой более высоких показателей урожайности. Кроме того, более высокий урожай формировался за счет увеличения количества плодов на растении, их размеров и массы.

Закключение

Для получения максимального урожая зеленца на материнской линии ЖЛ 24 необходимо обрабатывать трехкратно вегетирующие растения раствором эсфона 0,03 %-ной концентрации, начиная с фазы двух настоящих листьев с интервалом между обработками 5 суток. Этот вариант обработки не вызывает угнетения вегетативного роста, повышает урожайность огурца на 40%.

Об авторах:

Татьяна Владимировна Штайнерт – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник
Анатолий Владимирович Алилуев – заместитель директора по семеноводству

About the Authors:

Tatiana V. Steinert – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher
Anatoliy V. Aliluev – Deputy Director for Seed Production

Литература

1. Wang Q. Effect of chemical regulator and polyamine on sex differentiation in cucumber. *Journal of Horticulture*. 1997;21(1):48-52.
2. Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые/Т.С. Фадеева, Р.Х. Макашева, В.В. Хинчилян и др./под общим руководством В.И.Кривченко; под ред. Т.С. Фадеевой, В.И. Буренина; ВАСХНИЛ. Ленинград; Агропромиздат: Ленинградское отд. 1990. С.256-258.
3. Robinson R.W., Whitaker T.W., Bohn G.W. Promotion of pistillate flowering in Cucurbita by 2-chloroethylphosphonic acid. *Euphytica*. 1970;(19):180-183.
4. Bantoc G.B. Further studies on sex expression and sex ratio in cucumber as affected by plant regular spray. *Indian journal*. 1974;(17):210-216.
5. Wang J. Effect of ethephon on sex differentiation and early yield. *Agricultural Sci-Tech of Inner Mongolia*. 1984;(4):40-41.
6. Li S. Effect of ethephon and GA3 on sex expression in pepo. *Journal of Plant Physiology*. 1981;7(3):265-271.
7. Dhakal S., Karki M., Subedi P. Effect of Ethephon Doses on Vegetative Characters, sex expression and yield of Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Bhaktapur Local) in Resunga Municipality, Gulmi, Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2019;7(3):370-377. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i3.25284.
8. Wang Q. Study on sex expression in art pumpkin. *Chinense Vegetable*. 1995;(4):50-53.
9. Ли Ю.С. Эффективность использования фиторегуляторов при первичном семеноводстве частично двудомных и чисто женских линий огурца: автореф. дис. ...канд.с.-х. наук/ВИР. С.Петербург. 1991. 18 с.
10. Зведенюк А.П., Диденко Н.В., Чавдар Н.Ф. Использование регуляторов роста в семеноводстве огурца и лука. *Семеноводство и семеноведение овощных культур*. М. 1983. С.70-74.
11. Методика Государственного сортоиспытания с.-х. культур. М.: Колос. 1975. Вып.4. С.108-110.
12. Методические указания по изучению и поддержанию коллекции огурца. Л.: ВИР. 1977. 26 с.
13. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-ое изд. Новосибирск. 2010. 282 с.
14. Morgan R.W., Gausman H.W. Effects of ethylene on auxin transport. *Journal of Plant Physiology*. 1966;(41):45-52.
15. Malloch K.R., Osborne D.J. Auxin and ethylene control of growth in seedlings of *Zea mays* L. and *Avena sativa* L. *Journal Experimental Biology*. 1976;(27):992-995.
16. Ouzounidou G., Papadopoulou P., Giannakoula A. Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristics of *Cucumis melo* L. *Pakistan Journal of Botany*. 2008;40(3):1185-1193.
17. Rafeeker M., Gondane S.U. Goram nagor H.B. Hormonal regulation of growth, sex expression and yield of cucumber. *Journal of Soils and Crops*. 2010;11(1):95-98.
18. Singh G.R., Singh R.K. Chemical modification and its effects on fruiting in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *South Indian Horticulture*. 2014;32(3):127-131.
19. Bhandhary K.R., Shetty K.P., Sukier G.S. Effect of ethephon on the sex expression and yield of cucumber. *Progressive Horticulture*. 2014;(6):23.

References

1. Wang Q. Effect of chemical regulator and polyamine on sex differentiation in cucumber. *Journal of Horticulture*. 1997;21(1):48-52.
2. Genetics of cultivated plants: legumes, vegetables, melons/T.S. Fadeeva, R.H. Makasheva, V.V. Hangildin, etc./under the general guidance of V.I.Krivchenko; edited by T.S. Fadeeva, V.I. Burenin; VASHNIL. Leningrad; Agropromizdat: Leningradskoe otd. 1990. pp.256-258. (In Russ.)
3. Robinson R.W., Whitaker T.W., Bohn G.W. Promotion of pistillate flowering in Cucurbita by 2-chloroethylphosphonic acid. *Euphytica*. 1970;(19):180-183.
4. Bantoc G.B. Further studies on sex expression and sex ratio in cucumber as affected by plant regular spray. *Indian journal*. 1974;(17):210-216.
5. Wang J. Effect of ethephon on sex differentiation and early yield. *Agricultural Sci-Tech of Inner Mongolia*. 1984;(4):40-41.
6. Li S. Effect of ethephon and GA3 on sex expression in pepo. *Journal of Plant Physiology*. 1981;7(3):265-271.
7. Dhakal S., Karki M., Subedi P. Effect of Ethephon Doses on Vegetative Characters, sex expression and yield of Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Bhaktapur Local) in Resunga Municipality, Gulmi, Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2019;7(3):370-377. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i3.25284.
8. Wang Q. Study on sex expression in art pumpkin. *Chinense Vegetable*. 1995;(4):50-53.
9. Li Yu.S. The effectiveness of the use of phytochemicals in primary seed production of partially dioecious and purely female cucumber lines. S.Petersburg. 1991. 18 p. (In Russ.)
10. Zvedenyuk A.P., Didenko N.V., Chavdar N.F. The use of growth regulators in cucumber and onion seed production. *Seed production and seed science of vegetable crops*. M., 1983. pp.70-74. (In Russ.)
11. Methodology of State variety testing of agricultural crops. M.: Kolos. 1975. Issue 4. pp.108-110. (In Russ.)
12. Methodological guidelines for the study and maintenance of the cucumber collection. L.: VIR. 1977. 26 p. (In Russ.)
13. Sorokin O.D. Applied statistics on a computer. 2nd ed. Novosibirsk. 2010. 282 p. (In Russ.)
14. Morgan R.W., Gausman H.W. Effects of ethylene on auxin transport. *Journal of Plant Physiology*. 1966;(41):45-52.
15. Malloch K.R., Osborne D.J. Auxin and ethylene control of growth in seedlings of *Zea mays* L. and *Avena sativa* L. *Journal Experimental Biology*. 1976;(27):992-995.
16. Ouzounidou G., Papadopoulou P., Giannakoula A. Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristics of *Cucumis melo* L. *Pakistan Journal of Botany*. 2008;40(3):1185-1193.
17. Rafeeker M., Gondane S.U. Goram nagor H.B. Hormonal regulation of growth, sex expression and yield of cucumber. *Journal of Soils and Crops*. 2010;11(1):95-98.
18. Singh G.R., Singh R.K. Chemical modification and its effects on fruiting in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *South Indian Horticulture*. 2014;32(3):127-131.
19. Bhandhary K.R., Shetty K.P., Sukier G.S. Effect of ethephon on the sex expression and yield of cucumber. *Progressive Horticulture*. 2014;(6):23.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-43-48>
УДК 635.64:631.52

А.С. Ерошевская

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

*Адрес для переписки: eroshnast@yandex.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ерошевская А.С. Проявление селекционных признаков томата на разных типах малообъемной технологии. *Овощи России*. 2023;(4):43-48.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-43-48>

Поступила в редакцию: 01.06.2023

Принята к печати: 18.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Anastasia S. Eroshevskaia

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

*Correspondence: eroshnast@yandex.ru

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

For citations: Eroshevskaia A.S. Exhibiting of tomato breeding characteristics on different types of low-volume technology. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):43-48. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-43-48>

Received: 01.06.2023

Accepted for publication: 18.06.2023

Published: 05.07.2023

Проявление селекционных признаков томата на разных типах малообъемной технологии



Резюме

В 2021 г. проведено сравнительное испытание экспериментальных гибридов томата F₁ в условиях двух разных типов малообъемной технологии (МВТУ «Фитопирамида», технология выращивания в матах с капельным поливом). Проведенные исследования показали, что продолжительность межфазных периодов, уровень урожайности и качество плодов зависят от технологии выращивания. Согласно полученным данным, в условиях МВТУ «Фитопирамида» все исследуемые гибриды томата F₁ быстрее вступают в плодоношение и дают больший урожай по сравнению с технологией выращивания в матах, но уступают по средней массе плода, содержанию растворимого сухого вещества и вкусовым качествам. В качестве перспективных гибридов томата F₁ для технологии «Фитопирамида» были определены гибриды Ga62(2) и Ga21, переданный на регистрацию в Госсорткомиссию. На малообъемной технологии в матах лучший результат показал гибрид Ga27a. Была выявлена сильная корреляционная связь между оценками признаков «средняя масса плода» ($r = 0,93$) и «содержание растворимого сухого вещества» ($r = 0,81$). По данным признакам возможно проводить предварительные отборы в условиях малообъемной технологии в матах. Для наиболее достоверной оценки и точного отбора наиболее перспективных гибридов томата для технологии «Фитопирамида» требуется их испытание на гидропонных установках.

Ключевые слова: томат, малообъемная технология, Фитопирамида, селекция, сравнительное испытание

Exhibiting of tomato breeding characteristics on different types of low-volume technology

Abstract

The comparative test of experimental F₁ tomato hybrids was conducted under conditions of two different types of low-volume technology (MPVI "Fitopiramide", technology of growing in mats with drip irrigation) in 2021. The conducted researches have shown that duration of interphase periods, level of yield and fruit quality depend on cultivation technology. According to the data obtained, in conditions of MPVI "Fitopiramide" all studied F₁ tomato hybrids enter fruiting faster and provide higher yield compared to the technology of growing in mats, but are inferior in average fruit weight, soluble dry matter content and taste qualities. As perspective F₁ tomato hybrids for "Fitopiramide" technology hybrids Ga62(2) and Ga21, submitted for registration to Gossortcommission, were identified. On low-volume technology in mats hybrid Ga27a showed the best result. A strong correlation was found between estimates of the signs "average fruit weight" ($r = 0,93$) and "soluble dry matter content" ($r = 0,81$). It is possible to conduct preliminary selections in conditions of low-volume technology in mats according to these signs. For the most reliable assessment and accurate selection of the most perspective tomato hybrids for "Fitopiramide" technology their testing on hydroponic installations is required.

Keywords: tomato, low-volume technology, Fitopiramide, plant breeding, comparative test

Введение

В настоящее время большую популярность завоевала малообъемная гидропоника, под которой заняты большие площади за рубежом [1]. Ценность данной технологии как перспективного способа выращивания сельскохозяйственных культур заключается в значительном увеличении урожайности культуры и качества плодов. А за счет оптимизации расхода воды и удобрений производство продукции становится более экономичным и экологичным. Управление ростом растений происходит путем изменения состава питательного раствора, заданный режим питания и значение рН поддерживаются автоматически. Условия выращивания и питания растений максимально выравниваются, и физиологические процессы в растениях протекают интенсивнее [1, 2, 3, 4, 5]. Возникает уникальная возможность точного прогнозирования и управления урожаем [5]. Применение химических средств защиты растений сводится к минимуму: отсутствуют сорняки и болезни, в механизме передачи которых участвует почва [2].

Методом гидроponики выращивают не только зеленые, но и основные коммерческие овощные культуры, в т.ч. томаты. Как в России, так и за рубежом проводится исследовательская и селекционная работа с культурой томата для гидроponики. Особое внимание уделяется вопросу урожайности томата – это сложный показатель, зависящий от совокупности факторов.

Целью данной работы является сравнительное испытание экспериментальных гибридов томата F_1 в условиях двух разных типов малообъемной технологии (МВТУ «Фитопирамида», технология выращивания в матах с капельным поливом). Результаты исследования позволят отобрать перспективные гибриды томата F_1 для каждой технологии, установить возможность тестирования селекционного материала в условиях одной технологии при ведении селекционной работы для другой технологии по итогам корреляционного анализа полученных данных.

Материалы и методы

Исследования были выполнены в 2021 году в Московской области (III световая зона). Было проведено испытание 9 новых гибридов томата F_1 индетерминантного типа роста, полученных во ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО в 2020 году методом гибридизации отобранных родительских линий для селекции томата на пригодность для выращивания по малообъемной технологии.

Опытные растения выращивали в поликарбонатной необогреваемой теплице «Фитопирамида», оборудованной многоярусными вегетационными трубными установками (весенне-летний оборот) и в обогреваемой поликарбонатной теплице тепличного комплекса «Ришель» (ФГБНУ ФНЦО) с малообъемной технологией (продленный оборот). Посев семян, пикировка рассады, посадка и ликвидация растений томата проводились в следующие сроки (табл. 1).

Таблица 1. Сроки проведения исследований, 2021 год
Table 1. Dates of research, 2021

Технология	Посев	Пикировка	Высадка на постоянное место	Ликвидация
В матах	14.01.2021	27.01.2021	03.03.2021	01.10.2021
«Фитопирамида»	12.04.2021	без пикировки	11.05.2021	09.08.2021 (черри) 16.08.2021 (крупнопл.)

Ученые разных стран установили, что уровень урожайности томата при выращивании методом гидроponики зависит в т.ч. от используемого субстрата [2, 6, 7, 8]; состава питательного раствора [9, 10]; плотности посадки и числа стеблей на растении [11]. Особый интерес у фермеров вызывает многоярусная гидропоника, позволяющая получать урожайность томатов от 100 кг/м² в год благодаря высокой плотности посадки растений [12, 13]. Погодные условия вегетационного периода – еще один из значимых факторов, который отличается высокой изменчивостью и сложностью управления.

Урожайность томата при выращивании методом гидроponики в значительной степени зависит и от генотипа. Сорта и гибриды томата при одних и тех же условиях показывают разные результаты по урожайности и качеству плодов [14, 15, 16, 17].

В связи с этим возникает необходимость создания специализированных сортов и гибридов томата F_1 , адаптированных к условиям малообъемной гидроponики, отличающихся раннеспелостью, высокой урожайностью, хорошими вкусовыми качествами, высоким содержанием сахаров, а также устойчивостью к наиболее вредоносным болезням томата в защищенном грунте.

«Фитопирамида» («ФП») – это установка для многоярусного выращивания растений бессубстратным, аэроводным способом. Представляет собой каркас, на котором на нескольких ярусах размещены вегетационные трубы (рис. 1). В вегетационные трубы по определенной программе подается питательный раствор, при этом происходит периодическое подтопление корневой системы растения, и оно получает полноценное минеральное питание. При циклическом понижении уровня питательного раствора растение получает корневое воздушное питание [12]. Уход за растениями включал формирование (путем регулярного пасынкования), удаление листьев (или части листовой пластинки), подвязывание, внекорневые подкормки. Растения формировали в один стебель, до 3-х кистей с удалением точки роста. Растения выращивали на 4-х ярусах, на 1 установке 176 растений, плотность посадки растений на установках – 23,8 раст./м². Данная технология отличается специфическими условиями выращивания: повышенная концентрация минеральных солей в питательном растворе, высокая плотность посадки на установках, различие в освещенности ярусов.

Технология выращивания томата в продленной культуре в условиях малообъемной технологии («МТ»)



Рис. 1. Растения томата на МВТУ «Фитопирамида» (слева) и на малообъемной технологии в матах (справа) в начале вегетации, 2021 год
Fig. 1. Tomato plants on «Fitopiramida» installations (left) and on low-volume technology in mats (right) at the beginning of the growing season, 2021

общепринятая. Опытные растения выращивали в матах размером 20×100 см для трех растений (рис. 1). Субстрат состоит из 100 % верхового сфагнового торфа с добавлением известковых материалов и минеральных удобрений. Полив и питание растений осуществляется через капельную систему. Растения формировали в один стебель, удаляя все пасынки. За 45 сут. до ликвидации культуры у растений удаляли точку роста. Плотность посадки составила 2,8 раст./м².

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения – расчет межфазных периодов «всходы – начало цветения» («В-НЦ») и «всходы – начало созревания» («В-НС»), учет общей урожайности (за весь период плодоношения), средней массы плода, содержание растворимого сухого вещества (рефрактометрическим методом),

оценку вкусовых качеств плодов томата. Оценку морфологических признаков растений проводили согласно Методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (RTG/0044/3) [18].

Статистический анализ данных выполняли с помощью пакета анализа Excel. Использовали общую классификацию корреляционных связей, предложенную в работе Э.В. Ивантера и А.В. Коросова [19].

Результаты и их обсуждение

Продолжительность периодов «всходы – начало цветения» и «всходы – начало созревания» у гибридов томата F₁ сильно отличались в зависимости от технологии выращивания (табл. 2). В условиях МВТУ

Таблица 2. Результаты фенологических наблюдений у гибридов томата F₁ при выращивании в условиях 2-х технологий, 2021 год
Table 2. Results of phenological observations of F₁ tomato hybrids grown under 2 technologies, 2021

№ п/п	Селекц. №	Группа	Период «В-НЦ», сут.		Период «В-НС», сут.	
			ФП	МТ	ФП	МТ
1	Га62(2)	кистевой	39	62	85	128
2	Га18	крупноплодный	39	61	87	126
3	Га21	крупноплодный	38	63	85	124
4	Га27а	крупноплодный	37	62	83	121
5	Га46	крупноплодный	39	61	83	126
6	Га59	крупноплодный	37	62	86	128
7	Га78	крупноплодный	37	61	85	143
8	Га101(2)	черри	34	55	71	117
9	Га100	черри	33	64	76	118
Среднее			37,0	61,2	82,3	125,7
НСР ₀₅ (крупноплодные)			0,09	0,07	0,35	4,52
НСР ₀₅ (черри)			3,35	9,18	5,77	2,35
			0,23		0,62	

«Фитопирамида» растения томата быстрее вступали в фазы цветения и плодоношения – в среднем на 24,2 и 43,4 сут. соответственно. Минимальный период «В-НС» отмечен у гибрида черри Га101(2) – 71 и 117 сут. в условиях «Фитопирамиды» и при выращивании в матах соответственно.

Средняя положительная корреляция ($r=0,62$) характерна для признака «всходы – начало созревания», признак «всходы – начало цветения» коррелирует слабо ($r=0,23$).

Объяснением факта ускорения прохождения фенофаз у томата в условиях технологии «Фитопирамида» могут быть: значительное увеличение солнечной радиации в весенне-летний период по сравнению с зимним; отсутствие приема пикировки сеянцев, который в некоторой степени снижает скорость их развития вследствие их адаптации к новым условиям; особенности питания растений (режим питания, состав питательного раствора).

Следует также отметить, что в условиях «Фитопирамиды» растения быстрее проходят все фазы развития и вступают в плодоношение раньше по сравнению и с традиционной технологией в пленочных грунтовых теплицах в весенне-летнем обороте при соблюдении одинаковых сроков посева семян [20, 21]. Таким образом, продолжительность межфазных периодов определенно зависит от технологии выращивания.

Урожайность и качество плодов у гибридов томата при выращивании в условиях 2-х технологий также сильно отличались. У всех гибридов независимо от массы плода (черри, кистевой, крупноплодный) урожайность в условиях «Фитопирамиды» была существенно выше по сравнению с технологией выращивания в матах (табл. 3), в среднем на 12,4 кг/м². Разница в урожайности во многом объясняется плотностью

посадки, которая на «Фитопирамидах» значительно больше. Растения дружно и в краткие сроки отдают урожай, соответственно, период плодоношения (сбора урожая) намного короче и составляет 1 мес. Это дает возможность проводить несколько культурооборотов в год и получать максимальную прибыль с площади теплицы.

В условиях технологии «Фитопирамида» лучший результат по урожайности показали кистевой гибрид Га62(2) – 34,6 кг/м² (масса плода 113 г) и крупноплодный гибрид Га21 – 34,2 кг/м² (масса плода 186 г). На малообъемной технологии в матах наибольшую урожайность показал гибрид Га27а – 16,7 кг/м² (масса плода 200 г).

Средняя масса плода у кистевого и 5-ти крупноплодных гибридов томата была больше при выращивании в матах. Наибольшая разница отмечена у гибрида Га59 – 61 г. Наиболее крупные плоды средней массой 200 г дал гибрид Га27а. Различие у гибридов по массе плода в зависимости от технологии выращивания указывает на то, что гибриды по-разному отзываются на систему питания.

От технологии выращивания зависит и содержание растворимого сухого вещества в плодах томата, что, в свою очередь, влияет на их вкусовые качества. Результаты исследований показали, что в условиях «Фитопирамиды» плоды накапливают меньше растворимого сухого вещества в среднем на 2,1%. При выращивании в матах содержание растворимого сухого вещества в плодах достигает 9,7% у черри (Га101(2) и 7,0% у крупноплодных гибридов (Га59), а плоды отличаются более ярким, насыщенным вкусом с преобладанием сладости.

Тесная положительная корреляция выявлена между оценками признаков «средняя масса плода» ($r=0,93$) и

Таблица 3. Урожайность и качество плодов гибридов томата F₁ при выращивании в условиях 2-х технологий, 2021 год
Table 3. Yield and fruit quality of F₁ tomato hybrids grown under 2 technologies, 2021

№ п/п	Селекц. №	Урожайность, кг/м ²		Средняя масса плода, г		Растворимое сухое вещество, %	
		ФП	МТ	ФП	МТ	ФП	МТ
1	Га62(2)	34,6	12,4	113	158	3,5	5,0
2	Га18	26,0	12,5	151	159	4,2	4,5
3	Га21	34,2	11,3	186	170	3,2	5,5
4	Га27а	26,2	16,7	150	200	3,4	5,2
5	Га46	24,0	13,1	149	164	3,2	4,7
6	Га59	21,0	10,7	129	190	3,6	7,0
7	Га78	23,9	12,1	145	169	4,0	6,0
8	Га101(2)	13,9	7,3	14	13	5,5	9,7
9	Га100	10,5	7,1	9	11	6,9	8,9
Среднее		23,8	11,4	116,0	137,0	4,2	6,3
НСР ₀₅ (крупноплодные)		2,86	1,81	12,78	15,05	0,36	0,79
НСР ₀₅ (черри)		3,60	5,27	3,77	2,88	2,32	2,29
Коэффициент корреляции (r)		0,66		0,93		0,81	



Рис. 2. Гибрид томата Ga21 в пленочной грунтовой теплице, 2022 год (слева) и на МВТУ «Фитопирамида», 2021 год (справа)

Fig. 2. Tomato hybrid Ga21 in film ground greenhouse, 2022 (left) and on «Fitopiramida» installations, 2021 (right)

«содержание растворимого сухого вещества» ($r=0,81$). Для признака «урожайность» характерна средняя корреляция ($r=0,66$).

Один из выделившихся образцов, гибрид Га21, был передан на регистрацию в Госсорткомиссию под названием Гарантик F₁ для оценки и включения в Государственный реестр селекционных достижений. Индетерминантный крупноплодный гибрид Га21 (рис. 2) прошел испытания в условиях малообъемной и традиционной технологии и показал в 2021 г. высокий результат по урожайности на МВТУ «Фитопирамида» (34,2 кг/м²) и в пленочной грунтовой теплице (14,8 кг/м²). Ценность данного гибрида также обусловлена групповой устойчивостью к болезням: вирусу мозаики томата, фузариозному увяданию, кладоспориозу, вертициллезу. Устойчивость к болезням определяли методом ПЦР-анализа (идентификация генов *Tm-2^e*, *I2*, *Cf-19*, *Ve1*, *Ve2*). Были использованы стандартные методики, применяемые в молекулярной биологии (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез в агарозном геле), оптимизированные для данного исследования. Оценка устойчивости к кладоспориозу (*S. fulvum*) проводили также на многолетнем инфекционном фоне согласно методике, модифицированной ВНИИССОК [22].

Закключение

Проведенные исследования показали, что продолжительность межфазных периодов, уровень урожайности и качество плодов зависят от технологии выращивания. Согласно полученным данным, в условиях МВТУ «Фитопирамида» все исследуемые гибриды томата F₁ быстрее вступают в плодоношение и дают больший урожай по сравнению с технологией выращивания в

матах, но уступают по средней массе плода, содержанию растворимого сухого вещества и вкусовым качествам. В качестве перспективных гибридов томата для технологии «Фитопирамида» были определены кистевой гибрид Га62(2) (34,6 кг/м²) и крупноплодный гибрид Га21 (34,2 кг/м²), переданный на регистрацию в Госсорткомиссию. На малообъемной технологии в матах лучший результат показал гибрид Га27а – 16,7 кг/м².

По итогам испытаний в условиях 2-х технологий наивысшую оценку получили разные гибриды томата, что указывает на специфику технологии, в частности на состав используемого питательного раствора, который играет огромную роль при выращивании растений методом гидропонии.

Для изучения возможности проведения части селекционного процесса (испытания новых гибридных комбинаций) в условиях наиболее распространенной и доступной малообъемной технологии в матах при селекции томата для «Фитопирамиды» был проведен корреляционный анализ. Была выявлена сильная корреляционная связь между оценками признаков «средняя масса плода» ($r=0,93$) и «содержание растворимого сухого вещества» ($r=0,81$) и средняя – между оценками признаков «всходы – начало созревания» ($r=0,62$) и «урожайность» ($r=0,66$). Следовательно, по перечисленным признакам с сильной корреляционной связью между оценками в двух условиях выращивания мы можем проводить предварительные отборы в условиях малообъемной технологии в матах. Для наиболее достоверной оценки и точного отбора наиболее перспективных гибридов томата для «Фитопирамиды» требуется их испытание на гидропонных установках.

Об авторе:

Анастасия Сергеевна Ерошевская – младший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0003-1515-4734>,
 автор для переписки, eroshnast@yandex.ru

About the author:

Anastasia S. Eroshevskaya – Junior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0003-1515-4734>,
 Correspondence Author, eroshnast@yandex.ru

• Литература

1. Logendra L.S., Gianfagna T.J., Janes H.W. Using mini-rockwool blocks as growing media for limited-cluster tomato production. *HortTechnology*. 2001;(11):175-179. <https://doi.org/10.21273/horttech.11.2.175>.
2. Reshma T., Sarath P.S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017;6(7):626-631. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.076>.
3. Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Новые технологии в овощеводстве защищенного грунта. *Овощи России*. 2016;(4):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-3-9>. EDN XVRUBR.
4. Пенков М.В. Влияние гидропонной продукции на экологию человека. Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева. Орел, 2019. С. 303-308.
5. Керина Э.Н., Бырдин П.В., Аверина Г.А. Современная индустрия гидропонных систем: типы, технологии и практика применения в мире. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2011;(2):215-223. EDN PHDZUT.
6. Dannehl D., Johanna Suhl, Ulrichs C., Schmidt U. Evaluation of substitutes for rock wool as growing substrate for hydroponic tomato production. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2015;(88):68-77. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.010>.
7. Tzortzakakis N.G., Economakis C.D. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. *Horticultural Science (HORTSCI)*. 2008;35(2):83-89.
8. Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Перспективные субстраты для гидропонного выращивания овощей. *Гавриш*. 2010;(3):16-21.
9. Удалова О.Р., Панова Г.Г., Аникина Л.М., Судаков В.Л. Влияние состава питательного раствора на продуктивность растений томата при малообъемном способе выращивания в условиях регулируемой агроэкосистемы. *Агрофизика*. 2014;(1):33-37. EDN RYKQV.
10. Степура М.Ф., Ботько А.В., Рассоха Н.Ф. Оптимизация состава питательного раствора при выращивании томата по гидропонной технологии. *Гавриш*. 2013;(3):15-18.
11. Cardoso F.B., Martinez H., Silva D., Milagres C.C., Barbosa J.G. Yield and quality of tomato grown in a hydroponic system, with different planting densities and number of bunches per plant. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 2018;48(4):340-349. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018V4852611>.
12. Селянский А.И., Лобашев Е.В. Высокопроизводительная, энергоэкономная технология производства томатов. Миф? Реальность! *Овощеводство*. 2013;(2):70-72.
13. Балашова И.Т., Сирота С.М., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Технологии будущего в овощеводстве защищенного грунта: многоярусная узкостеллажная гидропоника. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2017;(3):71-74. EDN YSRUSH.
14. Волкова Т.Н., Димитриев В.Л. Выращивание перспективных гибридов томатов по ресурсосберегающей технологии в ЗАО Агрофирма «Ольдеевская». *Вестник Чувашской ГСХА*. 2018;4(7):16-18. <https://doi.org/10.17022/m1w5-ct60>. EDN VUUNSM.
15. Дямуршаева Э.Б., Токтамысов А.М., Кудияров Р.И., Уразбаев Н.Ж., Сауытбаева Г.З., Дямуршаева Г.Е. Перспективные гибриды томатов для малообъемного выращивания в зимних теплицах Приаралья. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(2-1):754. EDN UNXHUR.
16. Karpukhin M.Yu., Ignatova S.I., Motov V.M., Kuimova V.A., Voloshyn V.M. Creating modern competitive hybrids tomato for greenhouse plants of small-volume hydroponics. *E3S Web of Conferences*. 2021;(282):03025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128203025>.
17. Кибанова Н.А. Создание крупноплодных гибридов томата для продленного оборота в зимних остекленных теплицах по малообъемной технологии. *Плодородие и виноградарство Юга России*. 2016;(39):172-180. EDN TQZIBC.
18. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Томат. RTG/0044/3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos/>.
19. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов. Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 1992. 168 с.
20. Ерошевская А.С., Терешонкова Т.А. Оценка гибридов томата групп черри и коктейль при разработке модели гибрида для малообъемной технологии «Фитопирамида». *Картофель и овощи*. 2020;(11):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.96.70.005>. EDN OMZVBT.
21. Ерошевская А.С. Оценка прохождения фенофаз томата на многоярусных установках «Фитопирамида». *Овощи России*. 2021;(5):54-58. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-54-58>. EDN UTRRGI.
22. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта / ВАСХНИЛ. Отд-ние растениеводства и селекции, ВНИИ селекции и семеноводства овощ. культур; [Сост. акад. ВАСХНИЛ А.В. Алпатьев и др.]. – М.: Б. и. 1986; 113 с.

• References

1. Logendra L.S., Gianfagna T.J., Janes H.W. Using mini-rockwool blocks as growing media for limited-cluster tomato production. *HortTechnology*. 2001;(11):175-179. <https://doi.org/10.21273/horttech.11.2.175>.
2. Reshma T., Sarath P.S. Standardization of Growing Media for the Hydroponic Cultivation of Tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017;6(7):626-631. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.076>.
3. Sirota S.M., Balashova I.T., Kozar E.G., Pinchuk E.V. New greenhouse technologies for vegetable production. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(4):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-3-9>. EDN XVRUBR.
4. Penkov M.V. Influence of hydroponic products on human ecology. *Natural resources of the Central region of Russia and their rational use: materials of the II All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Department of soil science and applied biology of the I.S. Turgenev Oryol state University*. Oryol, 2019. P. 303-308. (In Russ.)
5. Kerina E.N., Byrdin P.V., Averina G.A. The modern industry of hydroponic systems: types, technologies and application practices in the world. *Materials of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences*. 2011;(2):215-223. (In Russ.) EDN PHDZUT.
6. Dannehl D., Johanna Suhl, Ulrichs C., Schmidt U. Evaluation of substitutes for rock wool as growing substrate for hydroponic tomato production. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2015;(88):68-77. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088.010>.
7. Tzortzakakis N.G., Economakis C.D. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. *Horticultural Science (HORTSCI)*. 2008;35(2):83-89.
8. Ivanova L.A., Inozemtseva E.S. Advanced substrates for hydroponic vegetable growing. *Gavrish*. 2010;(3):16-21. (In Russ.)
9. Udalova O.R., Panova G.G., Anikina L.M., Sudakov V.L. The effect of nutrient solution composition on tomato plant productivity in the low-volume cultivation in controlled groecosystem. *Agrophysics*. 2014;(1):33-37. EDN RYKQV. (In Russ.)
10. Stepuro M.F., Botko A.V., Rassokha N.F. Optimization of nutrient solution for tomatoes by growing on hydroponics. *Gavrish*. 2013;(3):15-18. (In Russ.)
11. Cardoso F.B., Martinez H., Silva D., Milagres C.C., Barbosa J.G. Yield and quality of tomato grown in a hydroponic system, with different planting densities and number of bunches per plant. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 2018;48(4):340-349. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018V4852611>.
12. Selyanskii A.I., Lobashev E.V. High productive, energy-efficient technology of tomato production. A myth? Reality! *Vegetable growing*. 2013;(2):70-72. (In Russ.)
13. Balashova I.T., Sirota S.M., Kozar E.G., Pinchuk E.V. Technologies of the future in greenhouse vegetable production: multicircle hydroponics on narrow banches. *Bulletin of the Orel State Agrarian University*. 2017;(3):71-74. EDN YSRUSH. (In Russ.)
14. Volkova T.N., Dimitriev V.L. Growing promising hybrids of tomatoes through resource-saving technology in CJSC «Agrofirma «Oldeevskaya». *Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy*. 2018;4(7):16-18. EDN VUUNSM. (In Russ.) <https://doi.org/10.17022/m1w5-ct60>.
15. Dyamurshaeva E.B., Toktamysov A.M., Kudiyarov R.I., Urazbaev N.Zh., Saulytbaeva G.Z., Dyamurshaeva G.E. Perspective hybrids of tomatoes for small-volume cultivation in winter greenhouses of the Prearal area. *Modern problems of science and education*. 2015;(2-1):754. EDN UHXHUR. (In Russ.)
16. Karpukhin M.Yu., Ignatova S.I., Motov V.M., Kuimova V.A., Voloshyn V.M. Creating modern competitive hybrids tomato for greenhouse plants of small-volume hydroponics. *E3S Web of Conferences*. 2021;(282):03025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128203025>.
17. Kibanova N.A. Creation of large-fruited tomato hybrids for extended circulation in winter glassed greenhouses on small-scale technology. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2016;(39):172-180. EDN TQZIBC. (In Russ.)
18. Methods of conducting tests for distinctness, uniformity and stability. Tomato. RTG/0044/3 [Electronic resource]. Access: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos/>. (In Russ.)
19. Ivanter E.V., Korosov A.V. Fundamentals of biometrics: an introduction to statistical analysis of biological phenomena and processes. Petrozavodsk, PetrSU Publishing House, 1992. 168 p. (In Russ.)
20. Eroshevskaya A.S., Tereshonkova T.A. Cherry and cocktail tomato hybrids evaluation for hybrid modeling for low-volume technology «Fitopiramide». *Potato and vegetables*. 2020;(11):37-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.96.70.005>. EDN OMZVBT.
21. Eroshevskaya A.S. Evaluation of tomato phenological stages passing on multilevel installations «Fitopiramide». *Vegetable crops of Russia*. 2021;(5):54-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-54-58>. EDN UTRRGI.
22. Methodological guidelines for tomato varieties and hybrids breeding for open and protected ground / VASHNIL. Department of Plant growing and breeding, All-Russian Research Institute of vegetable breeding and seed production; [Comp. acad. VASHNIL A.V. Alpatiev et al.]. – M.: B. I. 1986; 113 p.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-49-57>
УДК 633.63:581.1.043

В.В. Латушкин¹, В.Н. Зеленков^{2,3*}, А.А. Кособрюхов⁴,
В.Б. Новиков¹, Л.Н. Путилина², М.И. Иванова²,
П.А. Верник¹, С.В. Гаврилов¹

¹ Автономная некоммерческая организация «Институт стратегий развития»
107031, Россия, г. Москва,
ул. Петровка, д. 15/13, стр. 5

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и
ароматических растений»
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

³ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учрежде-
ния «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал
ФГБНУ ФНЦО)
140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Веря, стр.
500

⁴ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Институт фундаментальных проблем биологии «Федеральный исследо-
вательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследова-
ний Российской академии наук»
142290, Россия, Московская область,
г. Пушкино, Проспект Науки, д. 3

⁵ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы
имени А.Л. Мазлумова»
396030, Россия, Воронежская область, Рамонский район, п. ОПХ ВНИ-
ИСС, д. 86

*Автор для переписки: zelenkov-raen@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке
эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написа-
нии статьи.

Для цитирования: Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Кособрюхов А.А.,
Новиков В.Б., Путилина Л.Н., Иванова М.И., Верник П.А., Гаврилов С.В.
Влияние фотонов ближней ультрафиолетовой области на рост и разви-
тие свеклы сахарной (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) в
условиях закрытой агробиотехносистемы. *Овощи России*. 2023;(4):49-57.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-49-57>

Поступила в редакцию: 02.06.2023

Принята к печати: 21.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Vyacheslav V. Latushkin¹, Valery N. Zelenkov^{2,3*}, Anatoly A. Kosobryukhov⁴,
Vladimir B. Novikov¹, Lyudmila N. Putilina², Maria I. Ivanova²,
Petr A. Vernik¹, Sergey V. Gavrilov¹

¹Independent NPO Institute for Socio-Economic Strategies and Development
Technologies (Institute for Development Strategies)
15/13, bldg. 5, Petrovka str., Moscow, 107031, Russia

²All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grina str., Moscow, Russia, 117216

³All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal
State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center"
p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

⁴Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences (IBBP
RAS)
3, Prospekt Nauki, Pushchino, Moscow region, Russia, 142290

⁵Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы
имени А.Л. Мазлумова»
86, village OPH VNISS, Ramonsky district, Voronezh region, Russia, 396030

*Corresponding Author: zelenkov-raen@mail.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up
the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of
the article.

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

For citations: Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Kosobryukhov A.A., Novikov V.B.,
Putilina L.N., Ivanova M.I., Vernik P.A., Gavrilov S.V. Influence of photons of the
near-ultraviolet radiation on the growth and development of sugar beet (*Beta*
vulgaris L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) in a closed agrobiotechnosys-
tem. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):49-57. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-49-57>

Received: 02.06.2023

Accepted for publication: 21.06.2023

Published: 05.07.2023

Влияние фотонов ближней ультрафиолетовой области на рост и развитие свеклы сахарной (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) в условиях закрытой агробиотехносистемы



Резюме

Актуальность и методология. С целью определения влияния ближнего ультрафиолетового излучения длиной волны 380 нм на рост и развитие растения свеклы сахарной гибрида Смена выращивали в течение 82 суток при светодидном освещении фотолампами и в условиях усиления интенсивности УФ-А диапазона света (повышение отношения UV/PPFD (0,027) по сравнению с контролем (0,0075) при сохранении соотношения остальных участков спектра). Исследование проводили на базе цифрового программного комплекса «Синерготрон» с регулируемой внутренней средой.

Результаты. Увеличение доли УФ-А в спектре освещения приводит к существенному изменению биометрических показателей растений – надземная биомасса увеличивается в 2,2 раза по сравнению с контролем, а масса подземной части (корнеплоды), наоборот, снижается на 86,9%. При этом доля корнеплодов в общей биомассе растений снижается с 60% в контроле до 30%. Изменяется морфологическая структура листового аппарата: существенно возрастает доля черешков по сравнению с листовыми пластинками (64,8% черешков в надземной биомассе, тогда как в контроле 30%). УФ-А излучение приводит к изменению химического состава корнеплодов, в частности, понижению накопления сухих веществ (на 1,58%) и снижению сахаристости (на 1,8%). Повышение доли УФ-А в спектре облучения изменяет параметры флуоресценции хлорофилла и способствует повышению максимального квантового выхода Fv/Fm, нефотосинтетического тушения флуоресценции NPQ и снижению реального квантового выхода фотосинтеза Y(II), а также скорости электронного транспорта (ETR).

Ключевые слова: синерготрон, закрытая агробиотехносистема, свекла сахарная, ближнее ультрафиолетовое излучение, спектральный состав, флуоресценция хлорофилла, биометрические показатели

Influence of photons of the near-ultraviolet radiation on the growth and development of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) in a closed agrobiotechnosystem

Abstract

Relevance and methodology. In order to determine the effect of near-ultraviolet radiation with a wavelength of 380 nm on the growth and development of a sugar beet hybrid plant, Smena was grown for 82 days under LED lighting with phytolamps and under conditions of increased UV-A intensity of the light range (an increase in the UV/PPFD ratio (0.027) compared with the control (0.0075) while maintaining the ratio of the remaining sites spectrum). The study was carried out on the basis of the digital software package "Synergotron" with a controlled internal environment.

Results. An increase in the share of UV-A in the illumination spectrum leads to a significant change in the biometric indicators of plants – the aboveground biomass increases by 2.2 times compared to the control, and the mass of the underground part (root crops), on the contrary, decreases by 86.9%. At the same time, the share of root crops in the total biomass of plants decreases from 60% in the control to 30%. The morphological structure of the leaf apparatus changes: the proportion of petioles increases significantly compared to leaf blades (64.8% of petioles in aboveground biomass, whereas in the control 30%). Probably, an increase in the share of UV-A in the spectrum can favorably affect the cultivation of leaf forms of beets and other root crops. UV-A radiation leads to a change in the chemical composition of root crops, in particular, a decrease in the accumulation of dry substances (by 1.58%) and a decrease in sugar content (by 1.8%). An increase in the proportion of UV-A in the irradiation spectrum changes the parameters of chlorophyll fluorescence and contributes to an increase in the maximum quantum yield of Fv/Fm, non-photosynthetic quenching of NPQ fluorescence and a decrease in the real quantum yield of photosynthesis Y(II), as well as the electron transport rate (ETR).

Keywords: synergotron, closed agrobiotechnosystem, sugar beet, near ultraviolet radiation, spectral composition, chlorophyll fluorescence, biometric indicators

Введение

Свет является одним из основных факторов жизни растений, источником энергии для фотосинтеза, оказывает регуляторную роль в морфогенезе растений [1]. С точки зрения сельскохозяйственного производителя свет также наиболее важный фактор, определяющий урожайность и качество продукции в теплицах и других сооружениях защищенного грунта [2]. В этой связи проводятся многочисленные исследования по изучению влияния искусственного освещения на рост и развитие растений [3]. Различные длины волн света оказывают различное воздействие на рост и развитие растений [4,5].

Ультрафиолетовый спектр условно включает УФ-А область (315–400 нм), УФ-Б (280–315 нм) и УФ-С (100–280 нм), действие которых на живые организмы сильно различаются. В диапазоне 180–200 нм УФ-облучение вызывает распад белков и нуклеиновых кислот, их фотоокисление, образование перекисей и перекисных соединений. В диапазоне 250–280 нм оно приводит к реакциям гидратации и димеризации. УФ-излучение в диапазоне 330–340 нм не имеет ярко выраженного радикального действия на нуклеиновые кислоты, однако совместно с различного рода интеркаляторами способно вызвать одонитовые и двунитовые разрывы в молекулах ДНК. Механизмы устойчивости к стрессовому воздействию УФ-излучения имеют генетическую обусловленность. Было показано, что гены, активизированные УФ-Б и УФ-С излучением, отличаются от генов, активизированных УФ-А излучением [6,7].

Одним из основных эффектов повышенного уровня УФ-радиации является снижение общей биомассы и урожайности сельскохозяйственных культур, снижение интенсивности фотосинтеза, в частности, снижается транспорт электронов в циклах фотосинтеза, ингибируются фотохимические реакции на предварительных стадиях фотосинтеза и др. [8].

Ослабление фотосинтеза часто сопровождается изменением пигментации листовой пластинки, анатомии и толщины листа [6,9]. Происходят также существенные изменения на биохимическом уровне [10,11].

Ближняя область УФ-А составляет до 98,7% ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности земли, однако было проведено недостаточно исследований физиологических и биохимических реакций растений на УФ-А излучение [12]. Нейгард и Шрейнер (2018) указали, что реакция растений на облучение УФ-А может отличаться от УФ-Б и необходим индивидуальный подход к оценке эффектов [13]. Ряд данных свидетельствует о положительной роли УФ-А для роста, развития растений и повышения качества выращенной продукции. УФ-А повышает концентрацию хлорофилла и каротиноидов, увеличивает размер листьев, длину стебля, свежую и сухую массу, а также способствует накоплению биомассы в салате [14]. В работе М.С. Гинс и Н.Т. Гамбунова установлена положительная роль УФ-А излучения в повышении антиоксидантных свойств амаранта [15]. Установлено также, что УФ-А уменьшает развитие возбудителей ряда заболеваний, в частности, плесени плодов цитрусовых (*Penicillium italicum* и *P. digitatum*), а также индуцирует синтез ряда защитных биологически активных соединений, таких, как скопарон, нобилетин, гесперидин, танжеретин [16,17].

В то же время отмечены и отрицательные эффекты УФ-А излучения. Так, УФ-А воздействие ограничивало расширение площади листьев и препятствовало накоплению биомассы сои [13]. Облучение УФ-А растений салата также снижало площадь листьев и биомассу, но увеличивало содержание хлорофилла, растворимого протеина, сахаров, витамина С, ряда флавоноидов и увеличивало антиоксидантную активность [18,19]. В исследовании [21] также установлено значительное влияние УФ-А диапазона на химический состав микрозелени капустных культур (по многим культурам возрастало содержание полифенолов, аскорбиновой кислоты, антоцианов, бета-каротина и др. в большинстве случаев), в то же время часто отмечалось снижение высоты растений, сырой и сухой биомассы, площади листьев, накопление токоферолов и др. [21]. Авторы считают обязательным введение небольшого количества УФ-А в практику искусственного освещения растений для регуляции морфогенеза и минерального питания растений.

В ряде исследований изучено влияние УФ излучения на прорастание семян растений и отмечены как положительные, так и отрицательные эффекты УФ [22,23].

Таким образом, исследования по изучению УФ-А области спектра продолжают активно проводиться, так как многие вопросы остаются недостаточно изученными. В частности, практически нет исследований по корневому плодному культурам. Поэтому целью данного исследования явилось изучить реакцию роста растений *Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef. на изменение спектрального состава света, а именно, увеличение доли ультрафиолета А с длиной волны 380 нм.

Материалы и методы исследований

Объект и условия выращивания растений

В качестве объекта исследований использовали растения сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *saccharifera* Alef.) гибрида Смена. Эксперименты проводили в закрытой камере устройства «синерготрон» модели ИСП 2.01 конструкции АНО «Институт стратегий развития» (г. Москва) [24,25]. Использовали облучение растений свеклы сахарной светом разного состава: полихромное (контроль) и полихромное с увеличенной долей в ближнем ультрафиолетовом диапазоне. Растения выращивали при 18-часовом фотопериоде, при температуре воздуха 25°C днем и 22°C ночью, относительная влажность воздуха составляла 70–80%. Спектральный состав при облучении светодиодными светильниками определяли на спектрометре PG 100 N компании UPRtek, Тайвань. Растения выращивали гидропонным методом на минераловатном субстрате. В лотках размером 1000*540 мм помещалось по 28 растений. В онтогенезе, по срокам определения, отбирали по 4 растения из каждого варианта.

Закрытая камера с искусственным микроклиматом

Синерготрон представляет собой устройство для выращивания растений на основе программно-управляемой внутренней среды, облачной обработки информации и разработанного языка описания с обратной связью по параметрам влажности, состава культивационных сред, температуры, освещения, акустических воздействий, газового состава, движения воздуха и

других. Функция облучения реализована светодиодными светильниками, разработанными ЗАО «Золотой шар» (Москва, Россия) с использованием светодиодов компании Cree (США) с максимумом излучения в области от 365 до 1980 нм, т.е. от ультрафиолетового до инфракрасного излучения. Потребляемая единичная мощность от 300 до 1300 Вт. Мощность облучения в области ФАР на расстоянии 100 мм от светильников для 300-ваттного облучателя достигает 1900 мкмоль/м²·с, для 1300-ваттного – 3600 мкмоль/м²·с. Светильники имеют программное управление 9-ю спектральными линейками, как по силе излучения определенного светового спектра, так и по их комбинированию в определённую световую гамму. В устройстве реализована возможность проведения испытаний индивидуально по 8 лоткам в рабочей секции с различной интенсивностью облучения, спектром, пульсацией.

В настоящем эксперименте, в соответствии с целью и задачами исследований, светильники запрограммированы на светодиодное облучение растений свеклы светом разного состава: полихромное (контроль) и полихромное с увеличенной долей в ближнем ультрафиолетовом диапазоне.

В экспериментах использовали комбинированный субстрат: минераловатные маты толщиной 70 мм, однако в точках посева семян вырезали отверстия диаметром 70 мм и глубиной 60 мм и заполняли подготовленным кокосовым субстратом. Посев проводили по 3 соплодия в гнездо, после появления всходов оставляли одно наиболее развитое растение. Схема посева 135мм*150мм. Полив проводили гидропонным питательным раствором следующего состава (в мг/л): N-NO₃ – 140; N-NH₄ – 5; P – 41; K – 275; Ca – 100; Mg – 24; S – 30; Fe – 0,94; Mn – 0,14; B – 0,16; Cu – 0,03; Zn – 0,13; Mo – 0,03; pH 5,5-6,0; EC 1,5-2.

Анализы сахаристости и накопления сухого вещества

В период роста растений в динамике определяли содержание сухого вещества в корнеплодах и надземной части (листьях) на анализаторе влажности (влажнере) MX-50 (A&D Company, Япония) путем высушивания образцов при 105°C до постоянной массы.

Определение сахаристости корнеплодов проводилось во ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова способом холодного водного диспергирования в соответствии с «Инструкцией по химико-техническому контролю и учету сахарного производства»

(Киев, ВНИИСП, 1989) и ГОСТ Р 53036-2008 «Свекла сахарная. Методы испытаний». Определение проводили у растений в возрасте 82 дней от посева семян, т.е. при завершении эксперимента. Одновременно определяли содержание сухого вещества в корнеплодах по стандартной методике.

Определение динамики роста растений

В период проведения эксперимента в динамике (на 41,50,56,63,70,77 и 82 день после посева семян) проводили измерение площади листьев, высоты и биомассы растений, определяли долю массы надземной части (листьев) и подземной (корнеплоды).

Измерение параметров переменной флуоресценции.

С помощью метода переменной флуоресценции, с использованием прибора мини-ПАМ-Junior (PAM-Junior, Heinz Walz, Germany), определяли активность фотосистемы 2 (ФС2). Листья растений экспонировали в темноте в течение 15 мин., затем освещали их вспышками света [9].

Определяли: F_v/F_m – показатель функционального состояния ФС2, где F_v – фотоиндуцированные изменения флуоресценции; F_m – максимальная флуоресценция, $\Phi(II)$ – эффективный квантовый выход ФС 2 (при интенсивности измерения флуоресценции); NPQ – нефотохимическое тушение флуоресценции (NPQ), оценивает часть энергии, которая используется растением для нефотохимических реакций; ETR – относительная скорость транспорта электронов, косвенный показатель скорости фотосинтеза.

Статистическая обработка результатов опытов

Эксперименты выполняли в 4-кратной аналитической и 3-кратной биологической повторности. Общая закономерность не изменялась по вариантам опыта, поэтому результаты приведены по данным одной биологической повторности. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ Excel. На рисунках приведены средние арифметические значения (M) со стандартной ошибкой ($\pm SEM$). Достоверность различий определяли по t -критерию Стьюдента при $P = 0,95$.

Результаты исследований

На рисунке 1 приведены спектральные характеристики светодиодных облучателей при выращивании растений в камерах синерготрона.

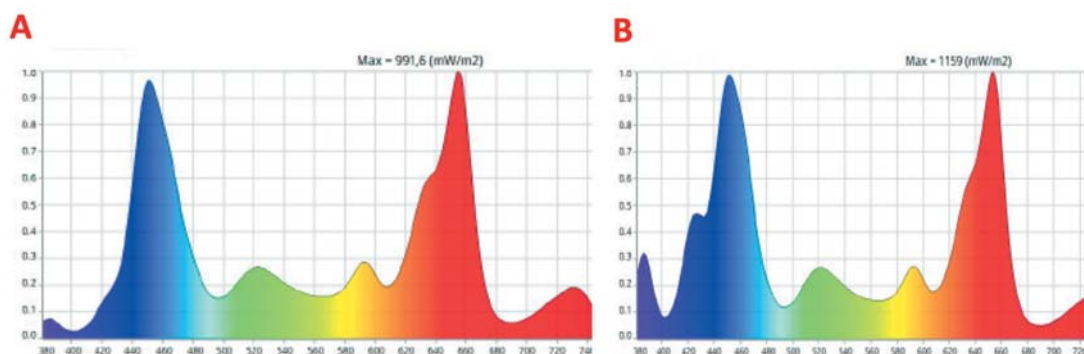


Рис. 1. Спектральные характеристики светодиодных облучателей при выращивании растений в камерах синерготрона
Fig. 1. Spectral characteristics of LED irradiators when growing plants in synergotron chambers

Таблица 1. Анализ световых режимов выращивания сахарной свеклы (данные спектров) в камере синерготрона ИСП 2.01
Table 1. Analysis of light modes of sugar beet cultivation (spectra data) in the IPS 2.01 Synergotron Camera

Вариант	Интенсивность освещения по видам спектра, мкмоль/м ² ·с и соотношение спектров						
	PPFD*	PFD*	UV	Red	Far red	UV/PPFD	FR/ Red
Контроль	454,4	503,1	3,4	212,3	45,9	0,0075	0,216
Опыт (УФ)	536,6	600,2	14,5	236,5	47,9	0,027	0,202

Вариант	Blue	Green	Red	B/R	B /G +R	G/R	G/B+R
Контроль	147	96,8	212,3	0,62	0,48	0,46	0,28
Опыт (УФ)	194,3	107,7	236,5	0,82	0,56	0,22	0,25

* UV ультрафиолет, Blue –синий, Green –зеленый, Red –красный, Far red –дальний красный, PPFD –фотосинтетически активная радиация, PFD радиация, включает ультрафиолет + дальний красный + фотосинтетически активная радиация.

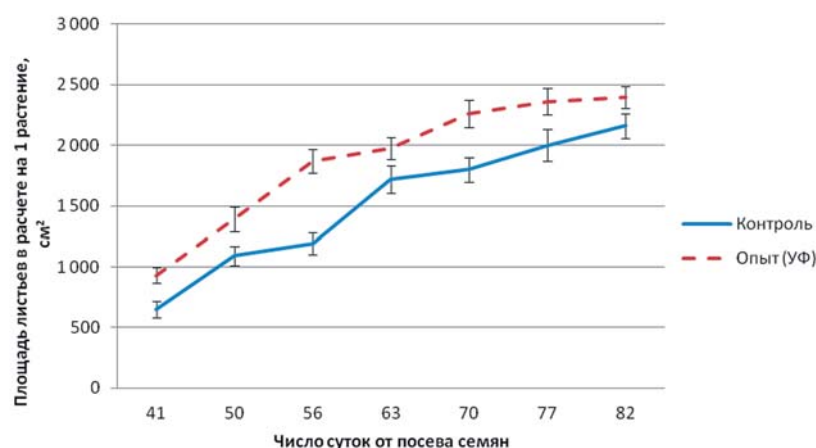


Рис. 2. Динамика развития листового аппарата сахарной свеклы в зависимости от доли ультрафиолетового света в спектре освещения
Fig. 2. Dynamics of the development of sugar beet leaf apparatus depending on the share of UV light range in the spectrum of light

В опытном варианте (Рис. 1В) интенсивность света в ближней ультрафиолетовой области (УФ – А, 380 нм) составляла 14,5 мкмоль/м²·с, в контроле – 3,4 мкмоль/м²·с (Рис. 1А). Интенсивность облучения по всем спектральным линиям в опыте и контроле сопоставима и составляла в контроле 454,4, в опыте 536,6 мкмоль/м²·с. В результате в опытном варианте реализо-

вано многократное повышение отношения UV/PPFD (0,027) по сравнению с контролем (0,0075). При этом интенсивности облучения в других областях спектра (синем, зеленом, красном) были близки по вариантам, что позволяет получать сопоставимые данные и выделить влияние именно УФ - А диапазона (Таблица 1).

Изменение соотношения UV/PPFD в спектре облучения растений приводило к изменению морфологических показателей растений с течением времени. Анализ динамики развития листового аппарата растений свеклы сахарной, выращиваемой в замкнутой агробиотехносистеме, показал, что площадь листьев при освещении светом с усиленной долей УФ-А выше, чем в контрольном варианте на протяжении всего периода выращивания (рис. 2). В конце эксперимента нарастание листовой массы в опытном и контрольном вариантах замедлилось за счет оттока ассимилянтов в корнеплоды и частичного отмирания нижних листьев.

В то же время удельная масса листовой пластинки практически не отличалась по сравнению с контролем при росте доли УФ-А света в спектре облучения (табл. 2).

Таблица 2. Удельная масса листовой пластинки свеклы сахарной в зависимости от режимов освещения, г/см²
Table 2. The specific mass of the leaf blade depending on the lighting modes, g/cm²

Вариант	Сутки после посева семян					
	50	56	63	70	77	82
Контроль – полихромное освещение	0,0500	0,0592	0,0607	0,0611	0,0669	0,0671
Опыт (УФ)	0,0500	0,0518	0,0540	0,0582	0,0591	0,0612

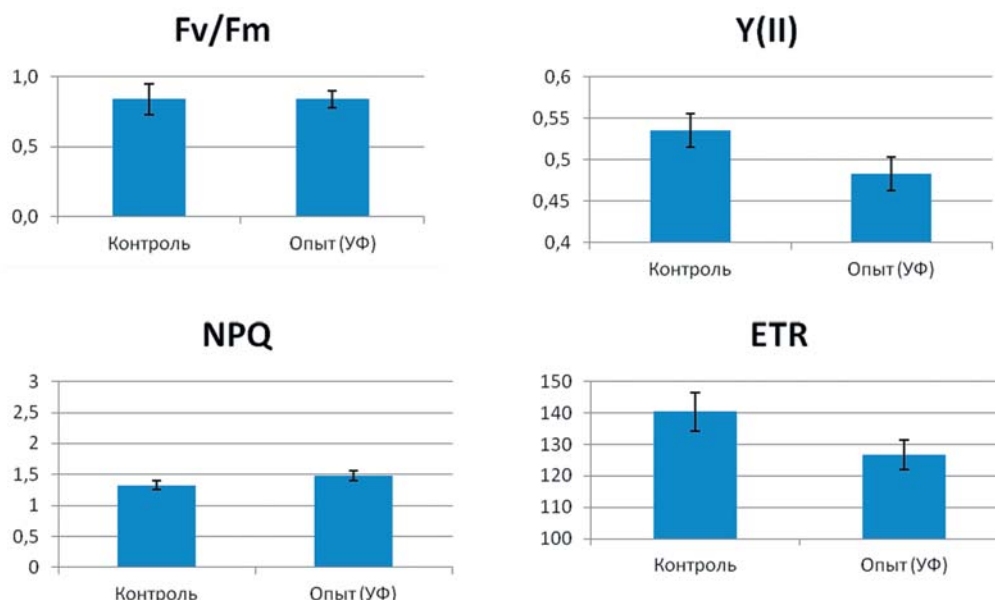


Рис. 3. Параметры переменной флуоресценции растений сахарной свеклы, выращенной в условиях синерготрона ИСР 2.01. Fv/Fm - максимальный квантовый выход. Y(II) - реальный квантовый выход фотосинтеза, NPQ - нефотохимическое тушение, ETR - скорость электронного транспорта
Fig. 3. Parameters of the variable fluorescence of sugar beet plants grown in the conditions of synergotron IPR 2.01. Fv/Fm maximum quantum output. Y(II) real quantum output of photosynthesis, NPQ – non-photochemical quenching, ETR - electronic vehicle

Наряду с изменениями площади листовой поверхности можно было ожидать, что растения в условиях различного спектрального состава облучения формируют фотосинтетический аппарат, различающийся по своей активности. Определение активности световой стадии фотосинтеза показало, что повышение доли ультрафиолета А в спектре облучения приводит к изменению параметров флуоресценции хлорофилла и фотосинтеза. Происходит повышение нефотосинтетического тушения флуоресценции NPQ. В то же время снижаются реальный квантовый выход фотосинтеза Y(II) и скорость электронного транспорта (ETR), изменение максимального квантового выхода Fv/Fm статистически недостоверно (Рис. 3).

При увеличении доли УФ-А света биомасса надземной части в начальный период проведения эксперимента (41-50 суток от посева семян) несколько превышала

контрольный вариант (рис. 4). В дальнейшем разница между вариантами резко увеличивалась, и к концу эксперимента биомасса в опытном варианте в 2,2 раза превышала контроль. Очевидно, ближнее УФ-облучение стимулирует рост надземной части растений свеклы сахарной.

Отметим, что количество листьев в расчете на 1 растение в контроле и опытном варианте практически не отличалось. В то же время воздействие УФ-А облучения приводило к увеличению и площади листьев, и их биомассы. Следовательно, рост листового аппарата мог происходить либо за счет увеличения размеров каждого отдельного листа, либо за счет увеличения удельной массы. Однако, согласно данным таблицы 2, удельная масса листовой пластинки в опытном и контрольном вариантах различалась незначительно. Кроме того, рост биомассы в относительных величинах выражен значительно сильнее, чем увеличение площади листьев в расчете на 1 растение.

Рассматривалось предположение, что причина может заключаться в изменении соотношения частей листового аппарата с различающимися биометрическими показателями - листовой пластинки и черешка. Поэтому в эксперименте проводили измерение доли листовой пластинки и черешков в общей величине надземной массы. Установлена закономерность значительного роста доли черешков по сравнению с долей листовой пластинки в общей надземной биомассе (рис. 5). В конце эксперимента, на 82 сутки после посева семян, в контрольном варианте доля черешков в надземной биомассе составляла 37,8%, в опытном – 64,8%, т.е. выше на 71%. Повышенная доля черешков проявлялась в течение всего периода эксперимента. Соответственно, уменьшалась доля листовой пластинки. Черешки в опытном варианте развиты значительно сильнее, чем в контроле (по размерам и биомассе). Таким образом, УФ-А облу-

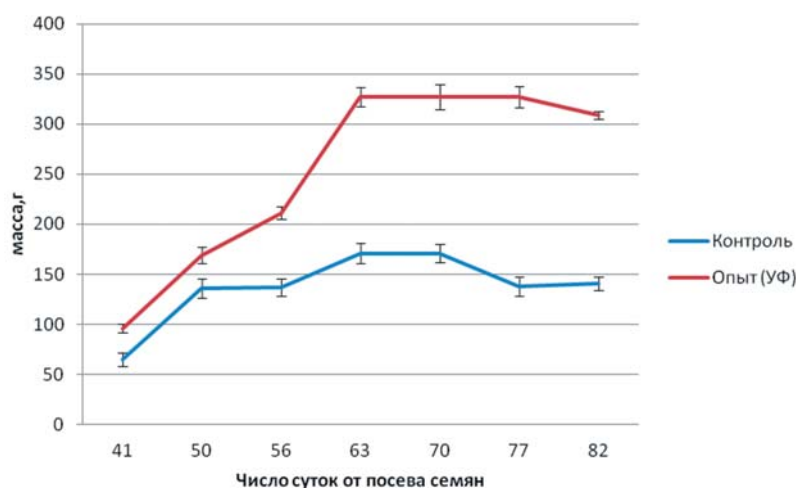


Рис. 4. Динамика накопления надземной биомассы растений сахарной свеклы в зависимости от освещения
Fig. 4. Dynamics of accumulation of above-ground biomass of sugar beet plants depending on the lighting

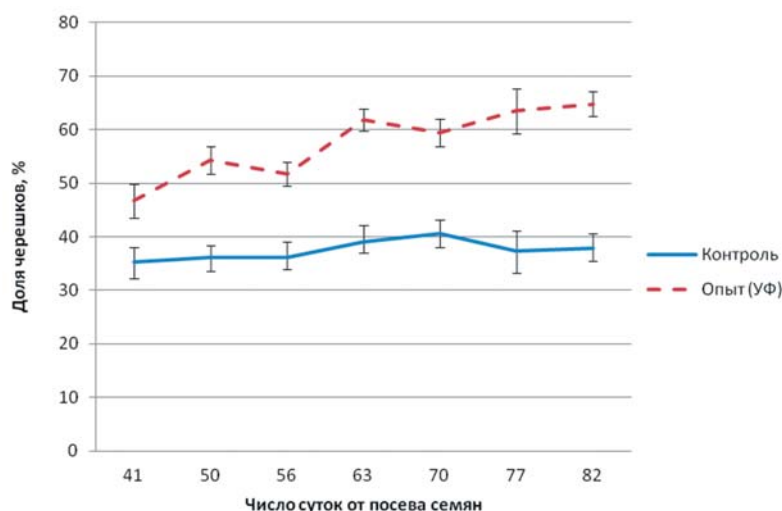


Рис. 5. Изменение доли черешков в надземной биомассе растений свеклы сахарной в зависимости от доли ближнего ультрафиолетового света в спектре освещения.
Fig. 5. Proportion of leaf petiole in the general biomass of sugar beet leaves depending on the lighting

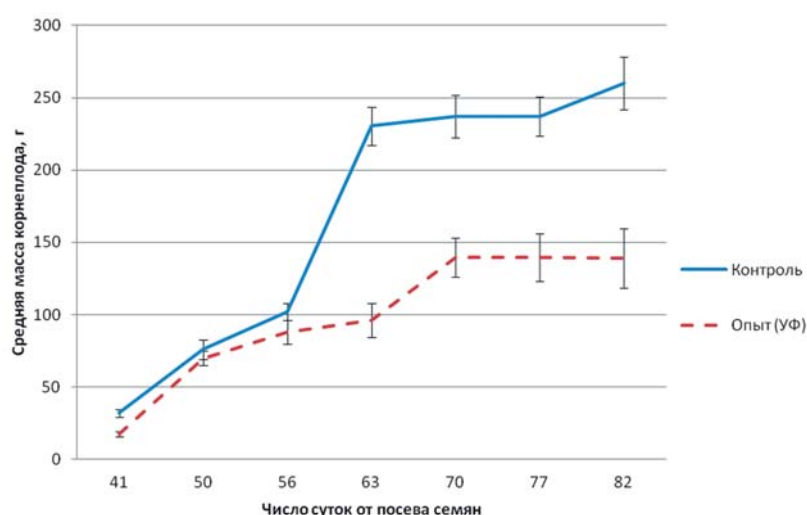


Рис. 6. Динамика накопления биомассы корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от освещения.
Fig. 6. The dynamics of the accumulation of biomass of root crops of sugar beets depending on the lighting

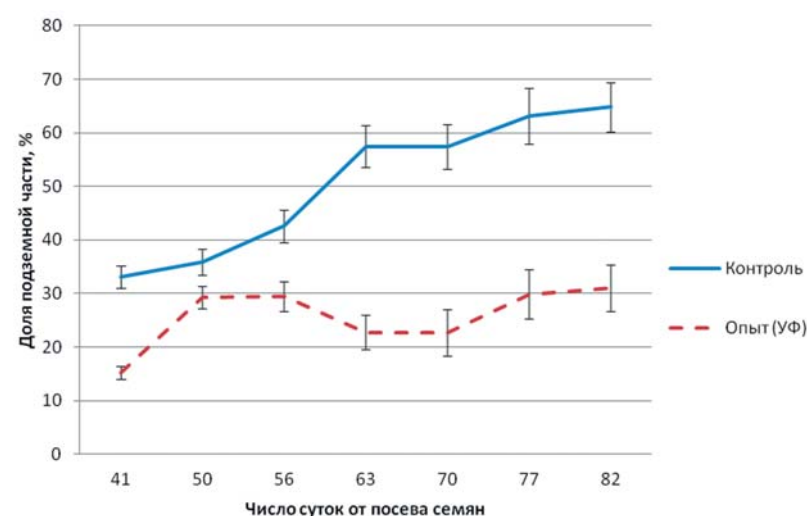


Рис. 7. Доля корнеплодов (подземной части) в общей биомассе растений сахарной свеклы в зависимости от освещения.
Fig. 7. Proportion of root crops (underground) in the general biomass plant of sugar beets depending on the lighting

чение способствовало росту надземной биомассы растений, но в большей части за счет роста черешков, и в меньшей - за счет увеличения площади листовых пластинок. Вероятно, вследствие этого при увеличении доли УФ-А рост площади листьев в относительных величинах был меньше, чем увеличение биомассы листьев в целом.

На рисунке 6 приведены данные по динамике роста корнеплодов свеклы сахарной. В начальный период выращивания увеличение доли УФ-А спектра незначительно сказывалось на биомассе корнеплодов по сравнению с контролем. Однако, начиная с 56-63 суток эксперимента, усиление интенсивности УФ-А радиации приводило к ослаблению, а затем к остановке роста корнеплодов (масса корнеплода на 82 сутки в среднем на 86,9% ниже по сравнению с контролем).

Влияние УФ-А на перераспределение потока ассимилянтов от корнеплодов к листьям показано на рис. 7. Доля корнеплодов в общей биомассе растений в контрольном варианте возрастала выше 60%, т.е. наблюдался отток пластических веществ в корнеплоды. При облучении растений спектром с увеличенной интенсивностью УФ-А доля корнеплодов составляла только порядка 30%, т.е. основная часть ассимилянтов накапливалась в надземной биомассе. Разница особенно заметна во вторую половину эксперимента, примерно с 63 суток после посева, когда наблюдался активный рост корнеплодов. Соответственно, в онтогенезе растений происходило изменение доли листьев (надземной части растения).

Таким образом, интенсивность УФ-А света приводит к существенному изменению биометрии растений свеклы сахарной и перераспределению потока ассимилянтов. По своей генетической природе современные сорта свеклы сахарной отличаются преимущественным накоплением подземной биомассы (корнеплодов), однако УФ-А приводит к изменению данной закономерности. Усиливается рост надземной части (в ущерб корнеплодам), характерно значительное усиление роста черешков по сравнению с листовой пластинкой. Очевидно, УФ-А облучение вызывает изменение экспрессии генов, определяющих основные параметры роста растений, т.е. имеет эпигенетическую природу.

Под влиянием УФ-А радиации также происходит изменение химического состава корнеплодов свеклы сахарной. В первую половину вегетаций не установлено значительных различий опытного и контрольного вариантов по содержанию сухих веществ в корнеплодах (рис. 8). Однако при последующем активном росте корнеплода (70-77 сутки после посева семян) в корнеплодах контрольного варианта наблюдалось возрастание концентрации сухих веществ, в опытном - нет. Разница между вариантами составила 2,1% в конце периода выращивания. Таким образом, в период активного роста корне-

плодов усиление интенсивности УФ-А облучения снижает накопление сухих веществ в корнеплодах. Как уже показано выше, УФ-А радиация в целом отрицательно влияет на рост и накопление биомассы корнеплода.

По данным рисунка 9, при выращивании растений с увеличенной долей ультрафиолета А в корнеплодах на 82 сутки содержалось меньше на 1,8% по сравнению с контролем, а содержание сухих веществ – меньше на 1,58% (рис. 9). Содержание сухих веществ при анализе по стандартной методике во ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова несколько отличалось от результатов анализа при сушке на влагомере МХ-50 (рис.8), однако закономерность снижения накопления сухих веществ под воздействием спектра с увеличенной долей УФ-А сохранялась. Доля сахара в сухом веществе также была ниже в опытном варианте (на 4,2%).

Общий вид растений, выращиваемых в камере синерготрона ИСП 2.01. при облучении светом с различной долей УФ-А в спектре приведен на рисунке 10.

Обсуждение

В научной литературе наибольшее число исследований проведено в области изучения повреждающих эффектов УФ-В излучения и защитных механизмов [20]. В то же время Нейгард и Шрейнер (2018) указали, что традиционно считавшиеся вредными для сельскохозяйственных культур, недавние данные показывают, что естественные уровни ультрафиолетового излучения (УФ; 280-400 нм) в солнечном свете на самом деле могут оказывать ряд полезных эффектов на урожайность и питательные качества многих фруктов, овощей и декоративных культур [13]. А.А. Тихомиров с соавторами считают, что если УФ в диапазоне 280-320 нм оказывает отрицательное воздействие на растения, то УФ 320-400 нм играет регуляторную роль. Для нормального роста и развития растений в солнечном спектре должно присутствовать несколько процентов УФ-А. При этом на регуляцию требуется в 100-1000 раз меньше энергии, чем на фотосинтез, именно поэтому низкие дозы УФ могут быть эффективными [26].

Большинство исследователей сообщают о снижении биомассы, высоты растений и площади листьев под воздействием УФ-А облучения [12,13,18]. В то же время имеются сообщения о повышении биомассы [19]. При этом изменяется соотношение надземных и подземных органов, соотношение побег/корень снижается [27]. Сообщение о неоднозначном эффекте УФ облучения приведено также в работе [28].

В нашем эксперименте объектом исследования были корнеплодные растения (сахарная свекла), у которых селекционным путем достигнуто преобладание к моменту уборки урожая подземной биомассы. Увеличение в эксперименте интенсивности УФ-А приводило к существенному изменению биометрических показате-

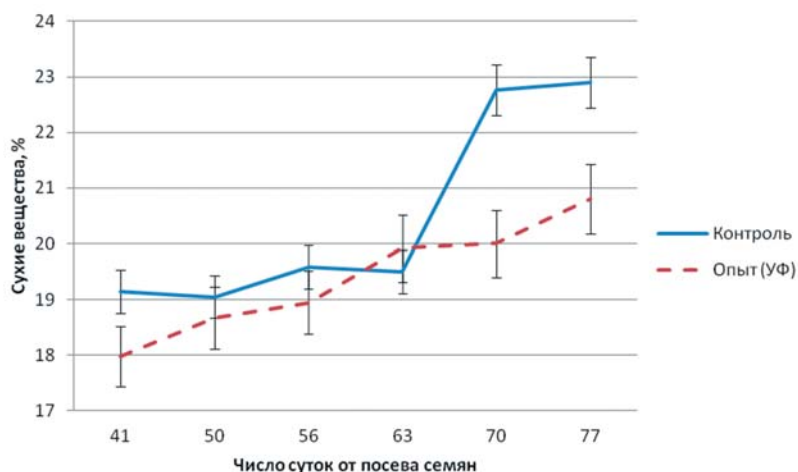


Рис. 8. Динамика накопления сухих веществ в корнеплодах сахарной свеклы в зависимости от светового режима выращивания растений.
Fig. 8. Dynamics of accumulation of dry substances in the leaves (overhead biomass) of sugar beets depending on the lighting

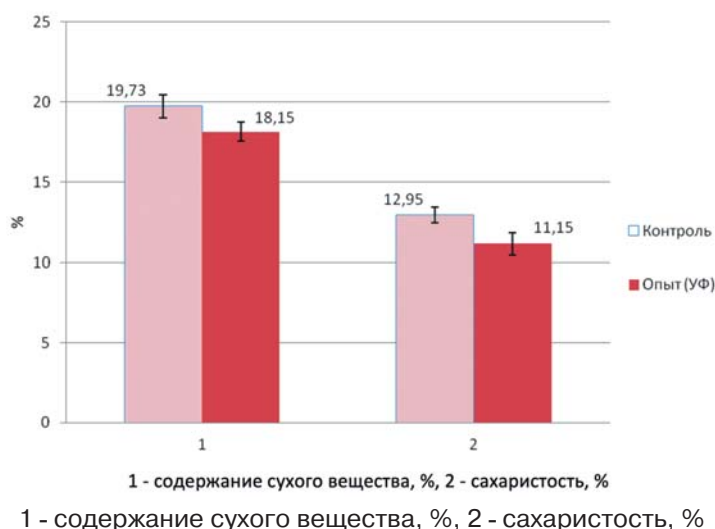


Рис. 9. Сахаристость и содержание сухого вещества в корнеплодах сахарной свеклы на 82 день после появления всходов в зависимости от освещения
Fig. 9. Sugar content and dry matter content in the root crops of sugar beets by 82 days after the appearance of shoots, depending on the lighting



Рис. 10. Фото образцов свеклы сахарной на 82 сутки эксперимента в камере синерготрона ИСП 2.01. Слева - контрольный образец, справа - опытный образец.
Fig. 10. Photos of the beet samples on 82 days of experiment in Synergotron Camera IPR 2.01. On the left - a control sample, on the right - tested sample.



Рис. 11. Внешний вид синерготрона ИСР 2.01 (АНО "Институт стратегий развития", Москва)
Fig. 11. General view of Synergotron IPR 2.01 ("Institute of Development Strategies", Moscow)

телей растений и перераспределению ассимилянтов. Ближнее УФ-облучение стимулировало рост надземной части растений (надземная биомасса увеличивается в 2,2 раза по сравнению с контролем), и в то же время существенно снижало массу корнеплода (на 86,9%). Доля корнеплодов в общей биомассе растений снижалась с 60% в контроле до 30% в опыте, т.е. основная часть ассимилянтов накапливалась в надземной биомассе. Установлена закономерность существенного роста доли черешков по сравнению с долей листовой пластинки в общей надземной биомассе. В контрольном варианте доля черешков в надземной биомассе составляла 37,8%, в опытном – 64,8%, т.е. выше на 27%. Таким образом, УФ-А облучение в эксперименте способствовало росту сырой надземной биомассы растений, но в большей степени за счет черешков, а не листовых пластинок. Поэтому прирост надземной биомассы в относительных единицах выражен значительно сильнее, чем прирост площади листовых пластинок (без черешков) в течение того же времени. В целом площадь листьев в опытном варианте превышала аналогичные показатели в контроле в течение всего периода выращивания.

Ряд исследователей отмечает изменение биометрии листьев. Так, в работе [29] установлено, что у всех изученных растений уменьшается толщина листовой пластинки. В наших исследованиях удельная масса листовой пластинки также уменьшалась при воздействии УФ-А облучения.

Ультрафиолетовое излучение, по данным исследователей, обычно приводит к снижению фотосинтеза и более высокому синтезу вторичных метаболитов растений [8, 13], синтез хлорофилла и каротиноидов может возрастать [18, 19, 23]. В нашем исследовании показано изменение параметров флуоресценции хлорофилла при повышении доли УФ-А в спектре облучения. Так, происходило повышение, нефотосинтетического тушения флуоресценции NPQ и снижение реального квантового выхода фотосинтеза $\Phi(II)$, а также скорости электронного транспорта (ETR), статистически достоверного изменения максимального квантового выхода Fv/Fm не было установлено.

В эксперименте УФ-А излучение приводило также к изменению химического состава корнеплодов, что в целом согласуется с указанными выше литературными данными. В частности, при увеличении УФ-А облучения по сравнению с контролем несколько уменьшалось накопление сухих веществ (на 1,58%) и снижалась сахаристость (на 1,8%).

Таким образом, ряд современных авторов считают необходимым введение небольшого количества УФ-А в практику искусственного освещения растений для регуляции морфогенеза и минерального питания растений [18, 30, 31]. По нашему мнению, использование УФ-А излучения перспективно как агротехнический прием для управления соотношением отдельных частей продукции, в частности, при выращивании листовых и черешковых форм овощных культур.

Заключение

Полученные в работе результаты позволяют оценить влияние УФ-А на отдельные показатели роста и развития в онтогенезе растений сахарной свеклы, активность фотосинтетического аппарата в период активного нарастания листовой поверхности. Используемый подход и полученные данные могут быть использованы при разработке систем освещения растений свеклы сахарной на разных этапах онтогенеза при выращивании в закрытых агробиотехносистемах для проведения селекционных работ в осенне-зимний-весенний периоды в контролируемых условиях.

Об авторах:

Вячеслав Васильевич Латушкин – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>, slavalat@yandex.ru
Валерий Николаевич Зеленков – кандидат хим. наук, доктор с.-х. наук, проф., гл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>, автор для переписки, zelenkov-raen@mail.ru
Анатолий Александрович Кособрых – доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3388-5784>, kosobr@rambler.ru
Владимир Борисович Новиков – нач. инженерного отдела, <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>, engin.food@gmail.com
Людмила Николаевна Путилина – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-5991-5235>
Мария Ивановна Иванова – доктор с.-х. наук, проф. РАН, гл. научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, ivanova_170@mail.ru
Петр Аркадьевич Верник – директор, <https://orcid.org/0000-0001-5850-7654>, petr@zolshar.ru
Сергей Викторович Гаврилов – нач. отдела телеметрии, <https://orcid.org/0000-0003-2824-9302>, gavrilovr@mail.ru

About the Authors:

Vyacheslav V. Latushkin – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>, slavalat@yandex.ru
Valery N. Zelenkov – Doc. Sci. (Agriculture), Prof., Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>, Correspondence Author, zelenkov-raen@mail.ru
Anatoly A. Kosobryukhov – Doc. Sci. (Biological), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3388-5784>, kosobr@rambler.ru
Vladimir B. Novikov – Head of Engineering Department, <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>, engin.food@gmail.com
Lyudmila N. Putilina – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5991-5235>
Maria I. Ivanova – Doc. Sci. (Agriculture), Prof., Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, ivanova_170@mail.ru
Petr A. Vernik – Director, <https://orcid.org/0000-0001-5850-7654>, petr@zolshar.ru
Sergey V. Gavrilov – Head of the Telemetry Department, <https://orcid.org/0000-0003-2824-9302>, gavrilovr@mail.ru

• Литература

1. Kami C., Lorrain S., Hornitschek P., Fankhauser C. Light-regulated plant growth and development. Current topics in developmental biology, Academic Press. 2010. pp. 29-66. [https://doi.org/10.1016/S0070-2153\(10\)91002-8](https://doi.org/10.1016/S0070-2153(10)91002-8)
2. Kaiser E., Ouzounis I., Giday H., Schipper R., Heuvelink E., Marcelis L.F. Adding blue to red supplemental light increases biomass and yield of greenhouse-grown tomatoes, but only to an optimum. *Frontiers in Plant Science*. 2019;(9):2002-2012. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.02002>
3. Cary A. Mitchell, Fatemeh Sheibani LED advancements for plant-factory artificial lighting. Plant Factory (Second Edition). An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Editors Toyoki Kozai Genhua Niu Michiko Takagaki Acad. Press. 2020. P.167-184. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00010-8>
4. Yuanhun M., An Xu., Zong-Ming (Max). Cheng Effects of light emitting diode lights on plant growth, development and traits a meta-analysis. *Horticultural Plant Journal*. 2021;7(6):552-564, <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.05.007>
5. Фадеев П.Д. Экспериментальные исследования влияния ультрафиолета на развитие растений. В сборнике: Химия, физика, биология, математика: теоретические и прикладные исследования. Сборник статей по материалам LXVIII международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 27-31.
6. Иванов А.А., Креславский В.Д., Кособрыхов А.А. Повышение устойчивости листьев рябины к УФ-В лучам посредством предоблучения красным светом. Материалы симпозиума. "Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования" 9-14 июня, 2003. М.: Пущино, 2003. С. 71-73.
7. Kryukhyzh M., Libantova Y., Rashidov N. Influence of short – wavelength ultraviolet light on genes expression in *Arabidopsis thaliana* plants. *Biotechnology Acta*. 2019;12(3):57-66.
8. Mantha S.V., Johnson G.A., Day T.A. Evidence from action and fluorescence spectra that UV-induced violet-blue-green fluorescence enhances leaf photosynthesis. *Photochemistry and Photobiology*. 2001;73(3):249-256, [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2001\)0730249afaas2.0.co2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)0730249afaas2.0.co2)
9. Бай Х., Хи К. и др. Ультраструктура клеточной стенки и изменение цвета стебля *Phyllostachys pubescens* после обработки ультрафиолетом. Науч. Лесн. конф. М., 2003. С. 137-139.
10. Hada Hirosohi, Hidema Jun. Effects supplementary UFB on the relationship between accumulation of anthocyanins and UV-absorbing compounds and levels of CPD with leaf age in purple rice // Tes. Annual Meeting and Symposium of the 2003 Annual 112 Meeting (Nara) of the Japanese Society of Plant Physiologists (ISPP), Osaka Norch. 2003. p.54.
11. Diene X.A., Tainá T.R., de Carvalho A.A., Bertolucci S.K.V., Medeiros A.P.R., Ribeiro F.N.S., Barbosa S.M., Brasil Pereira Pinto J.E. Photon flux density and wavelength influence on growth, photosynthetic pigments and volatile organic compound accumulation in *Aeolanthus suaveolens* (Catinga-de-mulata) under *in vitro* conditions. *Industrial Crops and Products*. 2021;168(15):113597. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113597>
12. Verdager D., Jansen M.A., Llorens L., Morales L.O., Neugart S. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. *Plant Science*. 2017;(255),72-81, <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.11.014>
13. Neugart S., Schreiner M. UVB and UVA as eustressors in horticultural and agricultural crops *Scientia Horticulturae*. 2018;(234):370-381. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.021>
14. Chen Y., Li T., Yang Q., Zhang Y., Zou J., Bian Z., Wen X. UVA radiation is beneficial for yield and quality of indoor cultivated lettuce. *Frontiers in Plant Science*. 2019;(10):1563-1572. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01563>
15. Гинс М.С., Гамбурова Н.Т. Активность антиоксидантной системы краснокочанного аманта при кратковременном действии УФ-А радиации. *Овощи России*. 2009;(1):33-35. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-33-35>. EDN OYCLGH.
16. Itetsu Yamaga, Shigekazu Nakamura. Penicillium growth inhibition, fruit decay reduction, and polymethoxyflavones and scoparone induction in satsuma mandarin irradiated with ultraviolet-A light-emitting diodes. *Scientia Horticulturae*. 2022;303(20):111197. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111197>
17. Русакович А.А., Шашко А.Ю., Ветоскин А.А., Солдатенко А.А., Болонювич В.В., Смолич И.И., Соколов А.И., Шашко Ю.К., Демидчик В.В. Влияние диодного ультрафиолетового излучения на скорость роста колоний мицелиальных грибов рода *Alternaria*. *Журнал Белорусского государственного университета. Биология*. 2021;(2):19-28. DOI 10.33581/2521-1722-2021-2-19-28. EDN OQPSXK.
18. Rui He, Yiting Zhang, Shiwei Song, WeiSu, Yanwei Hao, Houcheng Liu UV-A and FR irradiation improves growth and nutritional properties of lettuce grown in an artificial light plant factory. *Food Chemistry*. 2021;345(30):128727. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128727>
19. Marco Landi, Marek Zivcak, Oksana Sytar, Marian Brestic, Suleyman I. Allahverdiev Plasticity of photosynthetic processes and the accumulation of secondary metabolites in plants in response to monochromatic light environments: A review. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*. 2020;1861(2):148131. <https://doi.org/10.1016/j.bbap.2019.148131>
20. Канаш Е.В., Савин В.Н. Изучение чувствительности различных сельскохозяйственных растений к непродолжительному УФ – стрессу. *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 2003;(4):18-20.
21. Aupra Brazaitytė, Akvilė Virpilnė. Light quality: Growth and nutritional value of microgreens under indoor and greenhouse conditions. *Presentation in Acta horticulturae*. May 2016 DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1134.37
22. Гулин А.В., Донская В.И. Сравнительная оценка характера воздействия ультрафиолетового излучения на семена арбуза во временном режиме. *Овощи России*. 2019;(6):155-158. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-155-158>. EDN KZDVCM.
23. Claypool N.B., Lieth J.H. Physiological responses of pepper seedlings to various ratios of blue, green, and red light using LED lamps. *Scientia Horticulturae*. 2020;268(27):109371. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109371>
24. Zelenkov V.N., Vernik P.A., Latushkin V.V. Creating closed technobioecosystems (synergotron class) as a modern direction of using digital technologies for the development of Agrarian Science and solving tasks of the agrarian-industrial complex of Russia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019;(274):012101. doi:10.1088/1755-1315/274/1/1
25. Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Лапин А.А., Верник П.А., Гаврилов С.В., Новиков В.Б. Экспериментальное моделирование условий онтогенеза растений и биотехнологических методов их выращивания в закрытой экосистеме - синерготроне. *Вестник ПАЕИ*. 2021;21(1):46-53. DOI 10.52531/1682-1696-2021-21-1-46-53. EDN UWQIYU.
26. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений. Биотехнологические и биотехнологические основы. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 213 с.
27. Зяблицкая Е.Я., Козьмин Г.В., Симоненкова Е.Д. и др. Влияние хронического УФ -облучения зоны В на рост, развитие и продуктивность кормовой свеклы. *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. М: Наука, 1991;(4):23-26.
28. Зеленков В.Н., Лапин А.А., Латушкин В.В., Карпачев В.В. Влияние ультрафиолетового облучения на биохимические свойства растений. *Бултеровские сообщения*. 2020;63(8):134-140. DOI: 10.37952/ROI: jbc-01/20-63-8-134. EDN EGLQEH.
29. Худжаназарова Г.С. Действие УФ радиации на ростовые процессы и анатомическое строение листьев растений. Душанбе:, 2003. 22 с.
30. Соколов А.В. Анализ эффективности облучения растений ультрафиолетовой радиацией в условиях защищенного грунта. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020;67,2(39):37-43.
31. Шаронова Т.В., Белов Е.Л., Ефимова И.О. Применение ультрафиолетовых светодиодных светильников. В сборнике: Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Материалы II Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. Чебоксары, 2020. С. 75-79.

• References

5. Fadeev P.D. Experimental studies of the effect of ultraviolet light on plant development. In the collection: Chemistry, physics, biology, mathematics: theoretical and applied research. Collection of articles based on the materials of the LXVIII International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2023. pp. 27-31.
6. Ivanov A.A., Kreslavsky V.D., Kosobryukhov A.A. Increasing the resistance of rowan leaves to UV rays by pre-irradiation with red light. Materials of the symposium. "New and unconventional plants and prospects for their use". June 9-14, 2003. Moscow: Pushchino, 2003. pp. 71-73.
9. Wai H., Hee K. et al. The structure of cellular tissue and the color change of *Phyllostachys pubescens* tissue after fiber treatment. *Scientific. Lesn. Kon. M.*, 2003. pp. 137-139.
15. Gins M., Gambarova N. The activity of antioxidant system of red-colored plants of *Amaranth* during of short-term exposure in ultraviolet rays. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(1):33-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-33-35>. EDN OYCLGH.
17. Rusakovich A.A., Shashko A.Yu., Vetoshkin A.A., Soldatenko A.A., Bolvonovich V.V., Smolich I.I., Sokolik A.I., Shashko Yu.K., Demidchik V.V. The effect of ultraviolet diode radiation on the growth rate of *Alternaria* colonies. *Journal of the Belarusian State University. Biology. Биология*. 2021;(2):19-28. DOI 10.33581/2521-1722-2021-2-19-28. EDN OQPSXK.
20. Kanash E.V., Savin V.N. Studying the sensitivity of various agricultural plants to short-term UV stress. *Space biology and aerospace medicine*. 2003;(4):18-20.
22. Gulina A.V., Donskaya V.I. Comparative assessment of the nature of the impact of ultraviolet radiation on watermelon seeds in time mode. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):155-158. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-155-158> EDN KZDVCM.
25. Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Lapin A.A., Vernik P.A., Gavrilov S.V., Novikov V.B. Experimental modeling of plant ontogenesis conditions and biotechnological methods of their cultivation in a closed ecosystem – synergotron. *Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2021;21(1):46-53. DOI 10.52531/1682-1696-2021-21-1-46-53. EDN UWQIYU.
26. Tikhomirov A.A., Sharupich V.P., Lisovsky G.M. Svetokultura plants. Biophysical and biotechnological foundations. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2000. 213 p.
27. Zyblytskaya E.Ya., Kozmin G.V., Simonenkova E.D. et al. The effect of chronic UV irradiation of zone B on the growth, development and productivity of fodder beet. *Space biology and aerospace medicine*. M: Nauka, 1991;(4):23-26.
28. Zelenkov V.N., Lapin A.A., Latushkin V.V., Karpachev V.V. Effect of ultraviolet radiation on plant biochemical properties. *Bulterov Communications*. 2020;63(8):134-140. DOI: 10.37952/ROI: jbc-01/20-63-8-134. EDN EGLQEH.
29. Khujanazarova G.S. Effect of UV radiation on growth processes and anatomical structure of plant leaves. Dushanbe:, 2003. 22 p.
30. Sokolov A.V. Analysis of the effectiveness of irradiation of plants with ultraviolet radiation in protected ground conditions. *Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex*. 2020;67,2(39):37-43.
31. Sharonova T.V., Belov E.L., Efimova I.O. Application of ultraviolet LED lamps. In the collection: Prospects for the development of mechanization, electrification and automation of agricultural production. Materials of the II National (All-Russian) scientific and practical conference. Cheboksary, 2020. pp. 75-79.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-58-61>
УДК 635.262-02:631.524.7

В. В. Скорина*, Вит. В. Скорина

УО «Белорусская государственная Орденов
Октябрьской Революции и Трудового Красного
Знамени сельскохозяйственная академия»
213410, Беларусь, Могилевская обл.,
г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки: skorina@list.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Скорина В.В., Скорина Вит. В. Комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов для селекции чеснока озимого. *Овощи России*. 2023;(4):58-61
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-58-61>

Поступила в редакцию: 02.06.2023

Принята к печати: 21.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Vladimir V. Skorina*, Vitali V. Skoryna

EE "Belarusian State Agricultural Academy"
5, st. Michurina, Gorki,
Mogilev region, 213410, Belarus

*Corresponding Author: skorina@list.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

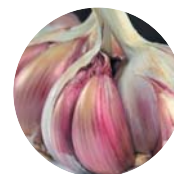
For citations: Skorina V.V., Skoryna Vit.V. Comprehensive assessment of the parameters of adaptive capacity and ecological stability of genotypes for winter garlic breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):58-61. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-58-61>

Received: 02.06.2023

Accepted for publication: 21.06.2023

Published: 05.07.2023

Комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов для селекции чеснока озимого



Резюме

Актуальность. С учетом региональных особенностей климата Беларуси при возделывании чеснока актуальным является создание сортов, отличающихся высокой урожайностью, экологической стабильностью, зимостойкостью и качеством продукции в изменяющихся условиях среды. Целью исследований является комплексная оценка генотипов чеснока озимого по параметрам адаптивности и выделение среди них наиболее стабильных образцов.

Материалы и методика. Исследования проводились на опытном поле кафедры плодородия УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Могилевская область на протяжении 2018–2022 годов. Объектами являлись коллекционные образцы чеснока озимого, различного эколого-географического происхождения. Полевые и лабораторные опыты проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний. Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, что способствовало объективной оценке изучаемых образцов по комплексу хозяйственно полезных признаков и определению параметров адаптивной способности и экологической стабильности.

Результаты. Дана комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов чеснока озимого. Результаты полученных данных при изучении реакции генотипов на среду показали, что по урожайности из 25 генотипов 44% (11) отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду, а 56% (14) были стабильными. Исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГ. Анализ полученных данных позволяет определить общие свойства у генотипов, отличающихся высоким уровнем параметра СЦГ, или различия между ними и другие вопросы специфики генотипов с различным сочетанием параметров адаптивности и стабильности. Специфика состоит в сочетании максимальных значений уровня параметров X_i , OAS_i , CAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (b) и средней относительной стабильности. Генотип с низким значением параметра СЦГ может быть высокостабильным и служить источником этого свойства. При обратном варианте он может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства продуктивности в сочетании со стабильностью.

Ключевые слова: чеснок озимый, урожайность, генотип, селекционная ценность генотипа, адаптивность

Comprehensive assessment of the parameters of adaptive capacity and ecological stability of genotypes for winter garlic breeding

Abstract

Relevance. Considering the regional peculiarities of the climate of Belarus in the cultivation of garlic, it is relevant to create varieties with high yields, environmental stability, winter hardiness and product quality in changing environmental conditions. The aim of the research is a comprehensive assessment of the genotypes of winter garlic according to the parameters of adaptability and the selection of the most stable samples among them.

Materials and methods. The research was carried out on the experimental field of the Department of Fruit and Vegetable Growing of the Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Mogilev region during 2018-2022. The objects were collectible samples of winter garlic of various ecological and geographical origin. Field and laboratory experiments were carried out using generally accepted methods and guidelines. Meteorological conditions during the years of research differed both in temperature indicators and the amount of precipitation, which contributed to an objective assessment of the studied samples according to a complex of economically useful signs and the determination of parameters of adaptive capacity and environmental stability.

Results. As a result a comprehensive assessment of the parameters of adaptive capacity and environmental stability of genotypes was given. The results of the data obtained when studying the reaction of genotypes to the medium showed that 44% (11) of the 25 genotypes were unstable with a positive reaction to the medium, and 56% (14) were stable. Studies have revealed diversity among genotypes in terms of the main parameters of adaptability, including SCG. The analysis of the data obtained makes it possible to determine the common properties of genotypes with a high level of the SCG parameter or the differences between them and other issues of the specificity of genotypes with a different combination of adaptability and stability parameters. The specificity consists in a combination of maximum values of the level of parameters X_i , OAS_i , CAC_i , with significant responsiveness to improving environmental conditions (b) and average relative stability. A genotype with a low value of the SCG parameter can be highly stable and serve as a source of this property. In the opposite case, it can be used as a parent form to transmit to the offspring the properties of productivity in combination with stability.

Keywords: winter garlic, yield, genotype, breeding value of genotype, adaptability

Введение

Чеснок в Беларуси является популярной культурой с широким генетическим разнообразием местных сортов. Культура ценится за высокое содержание витаминов, кислот, макро- и микроэлементов, солей, фитонцидов и других веществ [1, 2].

Наибольшие в мире площади чеснока сосредоточены в Китае, Средиземноморье и Латинской Америке. Основными производителями являются Китай, который производит 81 % общемирового производства, Индия, Бангладеш, Южная Корея, Египет. В мире посевные площади чеснока составляют 1,465 млн га, средняя урожайность – 16,0 т/га, валовой сбор – 26,6 млн т. В Беларуси распространены в основном местные и интродуцированные (завезенные из других регионов) сорта яровой и озимой форм [3, 4].

Чеснок отличается большой пластичностью. Он в большей степени, чем другие растения, размножаемые семенами, реагирует на изменение условий среды в критические фазы роста и покоя. Выведение сортов, обладающих широкой экологической устойчивостью, является приоритетным направлением в селекции сельскохозяйственных культур [5].

Основным направлением в селекции чеснока является расширение и создание исходного материала: улучшение местных и создание новых, высокоурожайных, устойчивых к болезням и вредителям, лежких сортов с повышенным содержанием сахаров, эфирного масла и биологически активных веществ, т. е. тех показателей, которые улучшают качество луковицы [6, 7, 8, 9].

При создании новых сортов с использованием эколого-географического фактора большое значение имеет научно обоснованный подбор исходного материала, его разнообразие и степень изученности в различных условиях выращивания. Применение экологических методов в селекции постоянно находится в числе актуальных научных задач [4].

Создание сортов со стабильно высокой продуктивностью в настоящее время основано на традиционных методах селекции. Для оценки реакции сорта его испытывают в различных условиях выращивания. Большое значение, при испытании набора сортов в нескольких пунктах или на разных агрофонах, имеют результаты оценки взаимодействия генотип-среда [10].

В настоящее время одним из действенных приемов выявления форм с широкими приспособительными способностями является одновременная оценка генотипов в ряде географических пунктов [16, 19].

Большую роль для селекции представляют инорайонные образцы чеснока, а также местные сорта народной селекции из разных регионов [11, 12, 7, 13].

Ряд исследователей указывают о большом значении местных сортов, которым селекционеры должны уделять больше внимания и заниматься селекцией в той зоне, в которой они известны [13]. В большинстве случаев местные сорта, по

сравнению с завезенными из других регионов, отличались высокой урожайностью, зимостойкостью и лучшей устойчивостью к болезням и вредителям [14, 21].

В трудах многих учёных можно встретить данные по генетике и физиологии устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам среды [5, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Одной из главных задач в селекции является сочетание в одном генотипе высокой продуктивности и экологической стабильности при действии неблагоприятных факторов окружающей среды [17].

Существуют различные методы генетического анализа, которые основаны на выявлении общей и специфической адаптивной способности генотипов, их стабильности, они позволяют сравнить среды и по их способности дифференцировать генотипы. При этом можно получить данные для выделения ценного исходного материала, оценить селекционную ценность генотипа и проводить отбор по адаптивной способности в зависимости от поставленной задачи [22, 23, 10].

Цель исследований – оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов чеснока озимого и выделить образцы, обладающие высокой урожайностью и стабильностью.

Материалы и методы исследования

Исследования по оценке коллекционных образцов чеснока озимого выполняли в 2018–2022 годах на опытном поле кафедры плодовоовощеводства в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Могилевской область, Республика Беларусь).

Объектами исследований являлись 32 образца чеснока озимого, различного эколого-географического происхождения. Первый набор состоял из 7 сортов чеснока озимого, которые включены в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений (Беловежский, Агатон, Горец, Полесский сувенир, Полёт, Союз, Юниор), второй – из 25 образцов, отобранных из различных регионов Беларуси.

Высадка коллекции образцов чеснока озимого проводили ежегодно на опытном участке, в первой декаде октября в трехкратной повторности по схеме 50+20×48 см, по общепринятой агротехнике возделывания луковых культур. Контролем являлся сорт чеснока озимого Беловежский.

В ходе исследований проводили фенологические наблюдения, биометрические учёты растений [24].

Урожайность определяли в соответствии с методическими указаниями [25, 26].

Учитывали высоту и диаметр луковиц, индекс формы, массу луковиц, количество и массу зубков;

Статистическая обработка результатов исследований и параметры адаптивной способности выполнены по соответствующим методикам [27, 19, 22].

Таблица 1. Параметры адаптивной способности сортов чеснока озимого по общей урожайности (т/га), 2018–2022 годы
Table 1. Parameters of the adaptive ability of winter garlic varieties by total yield (t/ha), 2018–2022

Образец	X_i	OAC_i	CAC_i	Sg_i	b_i	$СЦГ_i$
Беловежский (контроль)	8,38	-3,47	0,964	11,71	1,00	5,13
Агатон	14,28	2,42	0,378	4,30	0,688	12,24
Горец	15,92	-1,51	1,173	6,80	1,09	12,34
Полесский сувенир	10,34	0,713	9,307	29,48	0,337	0,269
Полёт	7,87	-3,98	0,428	8,31	0,381	5,71
Союз	13,14	1,28	14,69	29,17	2,48	0,47
Юниор	13,06	1,20	4,44	16,15	1,01	6,09
По фактору А	0,253					
По фактору В	0,214					
Общее НСР	0,566					

Результаты и их обсуждение

Испытание при разном наборе сортов культуры чеснока позволило дифференцировать их по выраженности параметров адаптивности. Первый набор генотипов состоял из 7 сортов, второй – из 25 образцов. Экологическое испытание способствует выявлению сортов и гибридов, приспособленных к конкретным условиям выращивания, что в свою очередь позволяет сделать вывод о потенциале продуктивности и реакции генотипов на изменяющиеся условия среды. В таких условиях приобретает актуальность адаптивности: сочетание в генотипе высокой продуктивности с экологической устойчивостью. Используя метод генетического анализа, основанный на испытании генотипов в различных средах, были определены параметры адаптивной способности и экологической стабильности образцов чеснока озимого.

В результате анализа полученных данных (табл. 1) установлено, что генотипы Агатон, Горец и Союз и Юниор по параметру X_i (урожайность) характеризуются наибольшим значением. Самыми стабильными из оцениваемых генотипов оказались генотипы Агатон ($Sg_i=4,30$), Горец ($Sg_i=6,80$) и Полет ($Sg_i=8,31$). Среди генотипов, кроме образца Союз, не выявлено сильной реакции на изменяющиеся условия среды.

Из оцениваемых генотипов чеснока озимого превзошли контроль по урожайности в 1,2–1,89 раза все сорта, кроме сорта Полет. Самым нестабильным в группе оказался сорт Полесский сувенир и Союз, у которых параметр относительной стабильности (Sg_i) составил 29,48 и 29,17 соответственно. Отзывчивость на изменение условий выращивания ($b_i > 1$) проявлял генотип Союз.

Для отбора образцов, сочетающих урожайность со стабильностью, использовали комплексный показатель селекционная ценность генотипа ($СЦГ_i$). Следует отметить, что по комплексному показателю ($СЦГ_i$) выделились генотипы Агатон ($СЦГ_i=1,24$) и Горец ($СЦГ_i=12,34$), которые представляют интерес как источник хозяйственно ценных признаков.

Во втором наборе (табл. 2) по совокупности испытания в ряде сред генотипы чеснока озимого значительно отличаются между собой по параметру X_i (урожайность) от 4,70 т/га у генотипа БТ-18 до 15,37 т/га – у МГ4-18. Значение параметра OAC_i (общая адаптивная способность) у них соответственно от -5,25 до 5,41.

Различающиеся условия среды испытания обусловили различия по урожайности и определили их ранжирование по параметру X_i . Высокие значения параметра (Sg_i) относительной стабильности генотипов говорят об их низкой стабильности. Наибольшие значения параметра Sg_i отмечены у генотипов БТ-18 (42,17), ЮМ1-18 (47,01), БГ2-18 (29,64). Генотипы CR1-18, CR2-18, БГ2-18, ЮМ1-18, БТ-18 характеризовались проявлением реакции на среду (b_i), что свидетельствует об их отзывчивости на условия возделывания.

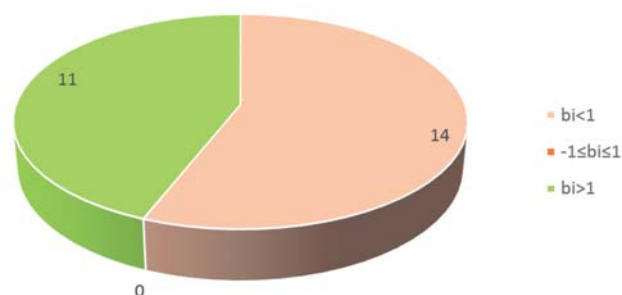


Рис. Реакция генотипов на условия среды, 2018–2022 годы
Fig. The response of genotypes to environmental conditions, 2018–2022

Таблица 2. Параметры адаптивной способности образцов чеснока озимого по общей урожайности (т/га), 2018–2022 годы
Table 2. Parameters of the adaptive ability of winter garlic accessions by total yield (t/ha), 2018–2022

Образец	X_i	OAC_i	CAC_i	Sg_i	b_i	$СЦГ_i$
OP2-18	9,53	-0,425	0,382	6,48	0,39	7,27
OP4-18	13,34	3,38	0,534	5,48	0,41	10,67
ORS-18	9,44	-0,517	0,156	4,18	0,44	8,00
OP5-18	12,52	2,56	1,368	9,34	0,917	8,25
OP6-18	13,16	3,20	0,394	4,77	0,50	10,86
CR1-18	9,64	-0,319	1,039	10,57	1,28	5,92
CR2-18	10,12	0,160	2,018	14,04	1,71	4,94
ДВ-18	12,90	2,94	1,087	8,07	1,13	9,10
БГ2-18	7,97	-1,985	5,585	29,64	2,16	-0,64
БГ3-18	5,07	-4,885	0,367	11,94	0,58	2,86
БГ4-18	6,05	-3,90	1,461	19,96	1,38	1,64
ЮМ1-18	8,00	-1,959	14,14	47,01	1,18	-5,71
ММ2-18	15,2	5,24	2,024	9,35	1,72	10,01
БТ-18	4,70	-5,25	3,936	42,17	0,16	-2,52
ММ3-18	14,09	4,134	6,983	18,75	3,14	4,46
ББ1-18	5,40	-4,552	0,548	13,70	0,90	2,70
МГ1-18	15,29	5,334	1,583	8,22	1,25	10,70
БМ-18	11,02	1,060	0,223	4,29	-0,34	9,29
ББ2-18	8,52	-1,439	0,413	7,55	0,67	6,17
МГ3-18	9,14	-0,817	0,814	9,87	0,93	5,83
ББ4-18	11,82	1,86	0,593	6,51	-0,003	9,01
МГ4-18	15,37	5,41	0,807	5,84	0,77	12,09
БК3-18	7,16	-2,797	1,374	16,37	1,44	2,88
ВЛ1-18	6,14	-3,817	1,483	19,82	1,51	1,70
ВР-18	7,34	-2,619	0,424	8,88	0,69	4,96
По фактору А	0,221					
По фактору В	0,099					
Общее НСР	0,495					

Различающиеся условия среды испытания обусловили различия по урожайности и определили их ранжирование по параметру X_i . Высокие значения параметра (Sg_i) относительной стабильности генотипов говорят об их низкой стабильности. Наибольшие значения параметра Sg_i отмечены у генотипов БТ-18 (42,17), ЮМ1-18 (47,01), БГ2-18 (29,64). Генотипы CR1-18, CR2-18, БГ2-18, ЮМ1-18, БТ-18 характеризовались проявлением реакции на среду (b_i), что свидетельствует об их отзывчивости на условия возделывания.

Генотипы OP2-18, OP4-18, ORS-18, OP6-18, БГ3-18, БТ-18, БМ-18, МГ4-18 и др. характеризовались стабильной урожайностью в годы исследований и не проявляли реакции на изменение условий среды. Относительно низкая стабильность по урожайности и отзывчивость на улучшение условий среды значительно снижают $СЦГ_i$ генотипов БГ2-18, БГ4-18, ЮМ1-18, БГ4-18. Данные образцы обладают отрицательным эффектом параметра OAC_i . Высокое значение комплексного показателя ($СЦГ_i$) у OP4-18 (10,67), OP6-18 (10,86), ММ2-18 (10,01), МГ1-18 (10,70), БМ-18 (9,29), МГ4-18 (12,09), позволяют их выделить среди других генотипов чеснока озимого. Данные клоны обладают высокой урожайностью и экологической стабильностью по изучаемому признаку и представляют практическую ценность для селекции со стабильной урожайностью в зоне умеренного климата.

Результаты полученных данных при изучении реакции генотипов на среду (рис.) показали, что по урожайности из 25 генотипов 44% (11) отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду, а 56% (14) были стабильными.

Заключение

Выявлено разнообразие среди сортов чеснока озимого по основным параметрам адаптивности. Различие по урожайности между наборами генотипов и условиями испытания по годам свидетельствует о взаимосвязи генотипа и среды, и необходимости использования в производстве взаимодополняющих сортов с разной нормой реакции, способных стабилизировать урожайность культуры в зоне возделывания.

В селекции на урожайность и экологическую стабильность среди генотипов чеснока озимого интерес представляют Беловежский, Горец и Юниор. Генотипы Агатон, Горец, Юниор характеризуются высоким значением параметра $СЦГ_i$ (от 10,79 до 12,61), которые представляют интерес как источники хозяйственно ценных признаков.

Являясь узкоспециализированными сортами, они не проявляют отзывчивость на повышение урожайности, но в худших условиях среды являются лучшими. Для селекционной работы ценностью представляют клоны OP4-18, CR1-18, CR2-18, БГЗ-18,

ММ2-18, ББ1-18, МГ1-18, МГЗ-18, БКЗ-18, ВЛ1-18, как источники экологической устойчивости ($b_i < 1$), стабильности признака в меняющихся условиях и низком значении параметра S_{gi} .

Таким образом, исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по $СЦГ_i$. Анализ результатов исследований позволяет определить общие свойства у генотипов, отличающихся высоким уровнем параметра $СЦГ_i$ или различия между ними и другие вопросы специфики генотипов с различным сочетанием параметров адаптивности и стабильности. Специфика состоит в сочетании максимальных значений уровня параметров X_i , OAC_i , CAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (b_i) и средней относительной стабильности. Генотип с низким значением параметра $СЦГ_i$ может быть высокостабильным и служить источником этого свойства. При обратном варианте он может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства продуктивности в сочетании со стабильностью.

Об авторах:

Владимир Владимирович Скорина – доктор с.-х. наук, профессор кафедры плодовоовощеводства, автор для переписки, skorina@list.ru

Виталий Владимирович Скорина – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодовоовощеводства

About the Authors:

Vladimir V. Skorina – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture, Correspondence Author, skorina@list.ru

Vitali V. Skoryna – Cand. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture

Литература

1. Алексеева М.В. Чеснок. М.: Россельхозиздат, 1979. 102 с.
2. Лихацкий В.И. Чеснок: биология и технология выращивания. Киев: УСХА, 1990. 97 с.
3. Попков В.А. Чеснок: биология, технология, экономика. Минск: Наша Идея, 2012. 768 с.
4. Скорина В.В., Коктенкова И.Г. Сравнительная оценка коллекционных сортов чеснока озимого по урожайности. Овощи России. 2021;(3):60-67. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-60-67>. EDN QVHPTV.
5. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1980. 587 с.
6. Середин Т.М. Селекция чеснока озимого на качество. Москва-Омск: ЛИТЕРА, 2018. 116 с.
7. Скорина В.В., Берговина И.Г., Скорина Вит. В. Селекция чеснока озимого. Горки, 2014. 123 с.
8. Скорина В.В., Коктенкова И. Г., Берговина И. Г. Межсортные различия сортов чеснока озимого по биохимическим показателям. Известия ФНЦО. 2019;(1):160-162. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-1-160-162>. EDN BCXYKV.
9. Скорина В.В., Купреенко Н.П., Корецкий В.В. Оценка исходного материала чеснока озимого на накопление селена. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020;(3):149–153.
10. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур. М., 2000. 592 с.
11. Лахин А.С. Чеснок. Алма-Ата: Кайнар, 1978. 184 с.
12. Пивоваров В.Ф., Ершов И.И., Агафонов А.Ф. Луковые культуры. М., 2001. 499 с.
13. Коктенкова И.Г., Скорина В.В., Купреенко Н.П., Скорина Вит. В. Чеснок. Биология, селекция, агротехника возделывания: рекомендации. Горки: БГСА, 2020. 63 с.
14. Богатыренко А.К. Чеснок. Киев. Урожай, 1977. 124 с.
15. Эренбург П.М., Лахин А.С. Лук и чеснок. Алма-Ата: Кайнар, 1971. 143 с.
16. Жученко А.А., Урсул А.Д. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинев: Штиинца, 1983. 304 с.
17. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Ин-т генетики и цитологии АН БССР. Минск: Наука и техника, 1989. 191 с.
18. Кильчевский А.В. Комплексная оценка среды как фона для отбора в селекционной программе. Докл. АН БССР. 1986;30(9):846–849.
19. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. Генетика. 1985;21(9):1481–1490.
20. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск, 1976. С. 178–189.
21. Удовенко Г.В. Физиологические механизмы адаптации растений к различным экстремальным условиям. Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1979;64(3): 5–22.
22. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Определение адаптивной способности генотипов и дифференцирующей способности среды. Докл. АН БССР. 1985;29(4):374–376.
23. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Технология, 1997. 372 с.
24. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
25. Методические указания по селекции луковых культур. М., 1997. 118 с.
26. Методические указания по селекции репчатого лука и чеснока. М., 1984. 36 с.
27. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Alekseeva M.V. Garlic. M.: Rosselkhozizdat, 1979. 102 p. (In Russ.)
2. Likhatsky V.I. Garlic: biology and cultivation technology. Kyiv: USHA, 1990. 97 p. (In Russ.)
3. Popkov V.A. Garlic: biology, technology, economics. Minsk: Nasha Idea, 2012. 768 p. (In Russ.)
4. Skorina V.V., Kakhatsiankova I.G. Comparative evaluation of collection varieties of winter garlic by yield. Vegetable crops of Russia. 2021;(3):60-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-60-67>. EDN QVHPTV.
5. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants. Kishinev: Shtiintsa, 1980. 587 p. (In Russ.)
6. Seredin T.M. Selection of winter garlic for quality. Moscow-Omsk: LITERA, 2018. 116 p. (In Russ.)
7. Skorina V.V., Bergovina I.G., Skorina Vit. B. Selection of winter garlic. Gorki, 2014. 123 p. (In Russ.)
8. Skorina V.V., Kakhatsiankova I.G., Bergovina I.G. Intervarietal differences in biochemical characteristics between winter garlic varieties. News of FSVS. 2019;(1):160-162. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-1-160-162>. EDN BCXYKV.
9. Skorina V.V., Kupreenko N.P., Koretsky V.V. Evaluation of the source material of winter garlic for the accumulation of selenium. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2020;(3):149–153. (In Russ.)
10. Pivovarov V.F., Dobrutskaia E.G. Ecological bases of selection and seed production of vegetable crops. M., 2000. 592 p. (In Russ.)
11. Lakhin A.S. Garlic. Alma-Ata: Kainar, 1978. 184 p. (In Russ.)
12. Pivovarov V.F., Ershov I.I., Agafonov A.F. Onion crops. M., 2001. 499 p. (In Russ.)
13. Kakhatsiankova I.G., Skorina V.V., Kupreenko N.P., Skorina Vit. B. Garlic. Biology, breeding, agricultural technology of cultivation: recommendations. Gorki: BSHA, 2020. 63 p. (In Russ.)
14. Bogatyrenko A.K. Garlic. Kyiv, 1977. 124 p. (In Russ.)
15. Erenburg P.M., Lakhin A.S. Onion and garlic. Alma-Ata: Kainar, 1971. 143 p. (In Russ.)
16. Zhuchenko A.A., Ursul A.D. Strategy of adaptive intensification of agricultural production. Kishinev: Shtiintsa, 1983. 304 p. (In Russ.)
17. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Genotype and environment in plant breeding. Institute of Genetics and Cytology of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk: Science and technology, 1989. 191 p. (In Russ.)
18. Kilchevsky A.V. Comprehensive assessment of the environment as a background for selection in the breeding program. Report AN BSSR. 1986;30(9):846–849. (In Russ.)
19. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. Message I. Justification of the method. Genetics. 1985;21(9):1481–1490. (In Russ.)
20. Pakudin V.Z. Parameters for assessing the ecological plasticity of varieties. Theory of selection in plant populations. Novosibirsk, 1976, pp. 178–189. (In Russ.)
21. Udovenko G.V. Physiological mechanisms of plant adaptation to various extreme conditions. Proceedings on appl. botany, genetics and breeding. 1979;64(3): 5–22. (In Russ.)
22. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Determination of the adaptive ability of genotypes and the differentiating ability of the environment. Report AN BSSR. 1985;29(4):374–376.
23. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Ecological plant breeding. Minsk: Technology, 1997. 372 p. (In Russ.)
24. Lakin G.F. Biometrics: textbook. allowance for biol. specialist. universities. M.: Higher. school, 1990. 352 p. (In Russ.)
25. Guidelines for the selection of onion crops. M., 1997. 118 p. (In Russ.)
26. Guidelines for the selection of onions and garlic. M., 1984. 36 p. (In Russ.)
27. Dospekhov B.A. Methods of field experience. 5th ed., supplement. and reworked. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-62-66>
УДК 635.9:57.02:631.5(470.55/.57)

Е.В. Шишкина*, А.В. Алилуев, С.М. Сирота

ООО «Гетерозисная селекция»
г. Миасс, Челябинская обл., Россия

*Автор для переписки: elen4a_70@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Шишкина Е.В., Алилуев А.В., Сирота С.М. Биологические особенности и элементы технологии семеноводства бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.) в условиях Южного Урала. *Овощи России*. 2023;(4):62-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-62-66>

Поступила в редакцию: 30.05.2023

Принята к печати: 21.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Elena V. Shishkina*, Anatoliy V. Aliluev,
Sergey M. Sirota

Heterosis Selection LLC
Miass, Chelyabinsk region, Russia

*Corresponding Author: elen4a_70@mail.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Shishkina E.V., Aliluev A.V., Sirota S.M. Biological features and elements of the technology of seed production of marigolds (*Tagetes patula* L.) in the conditions of the Southern Urals. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):62-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-62-66>

Received: 30.05.2023

Accepted for publication: 21.06.2023

Published: 05.07.2023

Биологические особенности и элементы технологии семеноводства бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.) в условиях Южного Урала



Резюме

Актуальность. Одним из приоритетных направлений исследований в ООО «Гетерозисная селекция» является создание сортов и разработка региональной агротехники выращивания семенного материала цветочных культур. В статье представлены результаты изучения внутрисортной изменчивости по 7 структурным признакам бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.) сорта Елена Прекрасная в условиях Южного Урала. Для разработки методики семеноводства бархатцев отклоненных в условиях Южного Урала необходимо изучение комплекса морфологических признаков и выявление тех из них, которые более полно способствуют сохранению и поддержанию сорта.

Результаты. В результате изучения внутрисортной изменчивости установлено, что наиболее стабильными признаками бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная являются высота растения, диаметр соцветия, число семян в соцветии. Эффективный отбор при получении оригинальных семян бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная будет при ориентации на признаки высота растения и диаметр соцветия. Для получения высококачественных семян при промышленном семеноводстве культуры бархатцев в условиях Южного Урала следует иметь в виду, что в период с 20 августа по 1 сентября созревает половина потенциального урожая семян – 49,4%. Наибольшая дружность созревания семян (37,3% от общего урожая) отмечена 1 сентября. Уборка соцветий в этот период обеспечила получение семян с высокими посевными качествами.

Ключевые слова: бархатцы отклоненные, сорт, варьирование признаков, отбор, семенная продуктивность, послеуборочное дозаривание, всхожесть

Biological features and elements of the technology of seed production of marigolds (*Tagetes patula* L.) in the conditions of the Southern Urals

Abstract

Relevance. One of the priority areas of research at Heterosis Selection LLC is the creation of varieties and the development of regional agricultural technology for growing seed material of flower crops. The article represents the results of the study of intravarietal variability according to 7 structural features of marigolds (*Tagetes patula* L.) cv. Elena Prekrasnaya under the conditions of the Southern Urals. To develop a methodology of seed production of marigolds in the conditions of the Southern Urals, it is necessary to study a complex of morphological features and identify those that more fully contribute to the preservation and maintenance of the variety.

Results. As a result of the study of intravarietal variability, it was found that the most stable traits of the variety of marigolds cv. Elena Prekrasnaya are the height of the plant, the diameter of the inflorescence, and the number of seeds in the inflorescence. Efficient selection when obtaining original seeds of marigolds cv. Elena Prekrasnaya will be when focusing on the signs of plant height and inflorescence diameter. In order to obtain high-quality seeds in the industrial seed production of marigold in the conditions of the Southern Urals, it should be kept in mind that in the period from August 20 to September 1, half of the potential seed yield ripens – 49.4%. The greatest uniformity of seed ripening (37.3% of the total yield) was noted on September 1. The harvesting of inflorescences during this period provided the production of seeds with high sowing qualities.

Keywords: *Tagetes patula* L., variety, trait variation, selection, seed productivity, post-harvest ripening, germination

Введение

Одним из приоритетных направлений исследований в ООО «Гетерозисная селекция» является создание сортов и разработка региональной агротехники выращивания семенного материала цветочных культур. В селекционно-семеноводческий процесс включены такие культуры как остеоспермум, сальпиглоссис, сальвия, бархатцы отклоненные, петуния гибридная. В 2022 году в Государственную комиссию по сортоиспытанию передан новый сорт бархатцев отклоненных Елена Прекрасная. Ценность сорта заключается в оригинальной окраске соцветий и их аромате, продолжительном периоде цветения, устойчивости к выгоранию и другим неблагоприятным факторам среды (ветру, дождю, перепадам температуры и влажности).

Благодаря высокой декоративности бархатцы отклоненные широко распространены и являются одной из популярнейших цветочных культур во всем мире [1,2,3,4].

Однако практическая значимость не ограничивается только спектром декоративных свойств. Одной из современных тенденций является использование бархатцев как натурального источника каротиноидов. Природное сырье находит практическое применение в производстве биодобавок для сельскохозяйственной птицы [5]. Отдельные производственные компании используют высушенные лепестки, оставшиеся при обмолачивании семян, в производстве экологически безвредных подкормок для птицеводства с повышенным содержанием каротиноидов. Разработана кормовая добавка повышающая иммунитет, плодовитость, интенсивность окраски желтка [6].

Высокая декоративность, ценные хозяйственно-полезные свойства объясняют высокий спрос на семена данной культуры.

Основной целью семеноводства является поддержание комплекса признаков и лучших хозяйственно-биологических показателей на высоком сортовом уровне. Для этого необходимо регулярно вести отборы на максимальное проявление признаков, присущих данному сорту. Отборы, проводимые оригинатором, в первичных звеньях семеноводства в зоне создания сорта гарантируют высокое качество семенного материала [7].

Изучение семенной продуктивности, урожайности и качества семян в местных условиях – важный этап в отработке региональной технологии выращивания культуры [8,9,10,]. Отличительной особенностью бархатцев отклоненных является непрерывное цветение и растянутый период созревания семян [11,12]. Общеизвестно, что лучшую всхожесть имеют семена, убранные в полной степени спелости. Своевременность проведения уборочных работ при семеноводстве влияет на величину урожая и его качество. Выбор оптимального момента уборки невозможен без данных о максимальном периоде цветения и созревания семян, их способности к прорастанию, если они не достигли полной степени зрелости. Так, например, Пошехоновой [13] на культуре анютиных глазок установлено, что максимальное количество плодов на растении образуется через 2–2,5 месяца после начала цветения в течение 10 дней. При этом незрелые семена анютиных глазок имеют высокую всхожесть. На основании этих данных был выбран способ уборки – скашивание и дозаривание в помещениях до полного высыхания. Логично предположить, что и для других цветочных культур (в том числе и бархатцев отклоненных) существуют подобные критерии [14,15]. Однако относительно культуры бархатцев отклоненных в литературе слабо освещены вопросы

дозаривания, а также влияние этого приема на всхожесть семян. Общеизвестно, что послеуборочное дозаривание – эффективный прием семеноводства, способствующий снижению потерь самых качественной части урожая, так как полностью вызревшие семена высыплются из соцветий [16]. Поэтому ключевой задачей в семеноводстве цветочных культур, с растянутым периодом созревания семян, является установка сроков и способов уборки, оценка способности послеуборочного дозаривания семян.

Следует упомянуть, что выращивание высококачественных семян любой культуры опирается на научно-обоснованный выбор зоны семеноводства, где одним из важных показателей является сравнение семенной продуктивности. В некоторых регионах нашей страны проводились исследования и опубликованы данные, касающиеся семенной продуктивности бархатцев отклоненных. Так, в условиях Алтайского края исследованиями Кочановой, доказано, что потенциальные возможности плодоношения бархатцев реализуются на 42% [17]. По данным Белгородского опорного пункта ВНИИССОК, в среднем семенная продуктивность бархатцев в условиях Белгородской области составляет 79.9 кг/га [18]. В отношении климатической зоны Южного Урала в литературных источниках нами, к сожалению, таких данных не обнаружено.

Важностью решения этих вопросов было обусловлено проведение настоящих исследований.

Цель исследований – изучение внутрисортной изменчивости и семенной продуктивности бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная в условиях Южного Урала.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2021-2022 гг. на базе ООО «Гетерозисная селекция» (г. Миасс, Челябинская обл.). Опытный участок расположен в северо – западной части Челябинской области, в с. Устиново, которое входит в состав Миасского городского округа. Почвы опытного участка характеризуются как оподзоленные черноземы. По обеспеченности теплом и влагой зона исследований относится к умеренно – теплой с неустойчивым увлажнением. Переход среднесуточной температуры через 5°C, характеризующий начало вегетационного периода, происходит в третьей декаде апреля, а через 10°C – в первой декаде мая. Сумма положительных температур за период с температурой выше 10°C составляет 2000-2300°C. Продолжительность безморозного периода 112-126 дней. За период с суммой температур выше 10°C выпадает 200-260 мм осадков [19].

Объект исследований – бархатцы отклоненные (*Tagetes patula* L.) сорта Елена Прекрасная (рис).

Сорт Елена Прекрасная отличается обильным и продолжительным периодом цветения, устойчивостью к абиотическим факторам среды (ветер, дождь, перепады температур и влажности).

В условиях Челябинской области цветение продолжается более 90 суток и прерывается заморозками. За период цветения на растении распускается более 40 сильномахровых, гвоздикоцветных соцветий, окрашенных в оранжево-красные тона.

Рекомендован к использованию на всей территории возделывания культуры как цветочно-декоративное растение.

Растения выращивали рассадным способом в обогреваемых пленочных теплицах. Посев проводили 15 апреля в кассеты №144 с размером ячейки 3,2х3,2х4,0 см. Появление массовых всходов отмечено на 6-7 сутки после посева.



Рис. Бархатцы отклоненные (*Tagetes patula* L.), сорт Елена Прекрасная
Fig. Marigolds (*Tagetes patula* L.), variety Elena Prekrasnaya

Рассаду высаживали в открытый грунт после окончания весенних заморозков, в первой декаде июня. Схема посадки 70 x 25 см. Возраст рассады к моменту высадки составлял 45 суток, растения бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная к этому моменту переходят в фазу единичного цветения. Сбор созревших соцветий проводили выборочно, вручную, начиная с 1 августа и далее через каждые 10 дней. Одноразовую уборку, включающую скашивание растений осуществили 10 сентября. Дозаривание семян проводилось при естественной вентиляции воздуха (в стеблосушилках) в течение 30 суток до полного высыхания.

Оценку качества семян проводили по двум показателям: масса 1000 штук и всхожесть в аккредитованной испытательной лаборатории по определению посевных качеств

семян ООО «Гетерозисная селекция» (номер в реестре РА. RU. 210 М 27 от 23.12.2021 г.).

Исследования и обработку, полученных данных проводили по общепринятым методикам [20, 21].

Результаты и их обсуждение

Объективным критерием сохранения и поддержания сорта является изучение внутрисортной изменчивости. Изучение состава сортовой популяции позволяет иметь представление, из каких форм состоит сорт, определить степень варьирования признаков, обосновать эффективность отбора по каждому из них. Поскольку именно характер проведения отборов в первичном семеноводстве обуславливает качество семян высоких репродукций [22].

В 2021–2022 годах нами изучена внутрисортная изменчивость нового сорта бархатцев отклоненных Елена Прекрасная. В изучении находилось 7 количественных признаков – высота растения, диаметр соцветия, число побегов I и II порядка, диаметр растения, число соцветий на растении, число семян в соцветии по ним определены среднее значение, лимиты проявления и коэффициент вариации. В результате установлено, что наиболее стабильными признаками бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная являются высота растения, диаметр соцветия, число семян в соцветии (коэффициент вариации 1,7%, 9,7%, 4,8% соответственно). Средним коэффициентом вариации отличается признак число побегов первого порядка – 12,4%. Наибольшей вариабельностью отличались признаки: число побегов второго порядка (34,6%), диаметр растения (22,8%), число соцветий на растении (29,6%). Из этого следует, что эффективный отбор при получении оригинальных семян бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная будет при ориентации на признаки высота растения и диаметр соцветия. Высокий показатель коэффициента вариации (29,6%), полученный по признаку число соцветий на растении указывает на нестабильность данного признака.

Исходя из полученных данных, следует, что выбраковка слабоцветущих и отбор растений, отличающихся обильным цветением, внутри этого сорта не принесет положительных результатов. Эффективный отбор при получении оригинальных семян бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная будет при ориентации на признаки высота растения и диаметр соцветия.

Таблица 1. Коэффициент вариации (%) количественных признаков бархатцев отклоненных, сорт Елена Прекрасная
Table 1. Coefficient of variation (%) of quantitative traits of marigolds, variety Elena Prekrasnaya

Признак	X _{min}	X _{max}	S _x	C _v , %
Высота растения, см	30,0	40,0	35,0±0,58	1,7
Диаметр соцветия, см	2,5	3,5	3,1±0,30	9,7
Число побегов I порядка	4,0	5,0	4,7±0,58	12,4
Число побегов II порядка	0,0	3,0	2,2±0,75	34,6
Диаметр растения, см	30,0	47,0	40,7±9,29	22,8
Число соцветий на растении, шт.	40,0	67,0	50,03±14,8	29,6
Число семян в соцветии, шт.	67,0	101,0	88,9±4,27	4,8

Таблица 2. Семенная продуктивность и посевные качества семян бархатцев сорта Елена Прекрасная, 2021–2022 годы
Table 2. Seed productivity and sowing qualities of seeds of marigold variety Elena Prekrasnaya, 2021–2022

Сроки уборки	Масса 1000 семян, г	Всхожесть, %	Урожайность семян, кг/га		
			2021 год	2022 год	В среднем за два года
1 августа	2,40	81,0	6,2	5,85	6,0
10 августа	2,65	85,0	11,0	10,1	10,0
20 августа	2,75	90,0	16,9	13,8	15,4
1 сентября	2,75	91,0	36,0	32,0	34,0
10 сентября:	2,5	75,0	27,4	23,8	25,6
Итого					91,0
НСР ₀₅					0,58

Сумма эффективных температур необходимых для вызревания семян бархатцев отклоненных составляет 13490 С [17, 18, 23, 24]. Климатические условия Челябинской области соответствуют биологическим требованиям культуры. Это подтверждается нашими исследованиями. Однако в результате исследований определено, что срок уборки влияет на посевные качества и урожайность семян.

В годы проведения исследований в условиях Челябинской области уборку семян бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная проводили в период с 1 августа по 10 сентября. В силу того, что соцветия созревают неодновременно и к моменту созревания растения имеют большую зеленую массу, сбор созревших соцветий проводили вручную по мере пожелтения чашелистиков и усыхания лепестков. Всего проведено 5 сборов.

За весь период сбора семян в среднем за два года получено 91,0 кг/га. Первый сбор соцветий, созревших на растении, был произведен 1 августа. Урожайность семян первого сбора составила 6,5% от общего урожая. При последующих сроках уборки доля семян каждого сбора в общей урожайности увеличивалась и составила 10,9% при втором; 16,9% – при третьем и 37,3% – при четвертом. При последнем сроке уборки – 10 сентября – отмечена тенденция снижения доли созревших соцветий (28,1%), что объясняется понижением среднесуточных температур.

В период с 20 августа по 1 сентября созревает половина потенциального урожая семян – 49,4%.

Изучение посевных качеств семян, проводили по двум показателям (масса 1000 штук и всхожесть). В зависимости от сроков сбора соцветий выявлены различия между вариантами.

Определено, что сроки уборки существенно повлияли на массу 1000 семян. Наибольшей массой (2,75 г) отличаются семена, убранные с растений в период 20.08 – 1.09. При первом и последнем сроках уборки масса 1000 семян имеет наименьшие показатели и составляет 2,40 г и 2,50 г соответственно, что на 12,8 и 9,1% меньше вышеуказанных вариантов.

В годы проведения исследований всхожесть семян при многократной уборке варьировала от 75% до 91%. При сроках уборки 1.08; 10.08; 20.08; 1.09 была высокой (81-91%) и соответствовала первому классу посевных стандартов. При последнем сроке уборки – 10.09. всхожесть соответствовала второму классу.

Анализ результатов позволил заключить, что для получения высококачественных семян при промышленном семеноводстве культуры бархатцев в условиях Южного Урала сле-

дует иметь в виду, что в период с 20 августа по 1 сентября созревает половина потенциального урожая семян – 49,4%. Наибольшая дружность созревания семян (37,3% от общего урожая) отмечена 1 сентября. Уборка соцветий в этот период обеспечила получение семян с высокими посевными качествами.

При однократном сборе урожая выявлено (срок уборки 10.09), что к концу вегетации только 31,0±9,05% от общего числа, образованных на растении соцветий дают зрелые семена. Из этого следует, что вегетационный период зоны проведения исследований ограничивает потенциальные возможности вызревания всех сформированных семян на растениях изучаемого сорта. При одноразовой уборке семян бархатцев сорта Елена Прекрасная урожайность семян составила 228 кг/га, при всхожести 32%. Масса семян с одного растения в этом варианте составила 6,7 г.

Скашивание и дозаривание семенных растений до полного высыхания, не повлияло на увеличение реальной семенной продуктивности. Посевные качества семян не соответствовали посевным стандартам.

Выводы

В результате изучения внутрисортной изменчивости установлено, что наиболее стабильными признаками бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная являются высота растения, диаметр соцветия, число семян в соцветии. Эффективный отбор при получении оригинальных семян бархатцев отклоненных сорта Елена Прекрасная будет при ориентации на признаки высота растения и диаметр соцветия. Высокий показатель коэффициента вариации (29,6%), полученный по признаку число соцветий на растении указывает на нестабильность данного признака. Поэтому выбраковка слабоцветущих и отбор растений, отличающихся обильным цветением, внутри этого сорта будет малоэффективным и не принесет положительных результатов.

Для получения высококачественных семян при промышленном семеноводстве культуры бархатцев в условиях Южного Урала следует иметь в виду, что в период с 20 августа по 1 сентября созревает половина потенциального урожая семян – 49,4%. Наибольшая дружность созревания семян (37,3% от общего урожая) отмечена 1 сентября. Уборка соцветий в этот период обеспечила получение семян с высокими посевными качествами. Скашивание и дозаривание семенных растений до полного высыхания, не повлияло на увеличение реальной семенной продуктивности. Посевные качества семян не соответствовали посевным стандартам.

Об авторах:

Елена Викторовна Шишкина – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3392-1215>, автор для переписки, elen4a_70@mail.ru
Анатолий Владимирович Алилуев – заместитель директора по семеноводству, aliluev@semena74.com
Сергей Михайлович Сирота – доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, <https://orcid.org/0000-0001-5792-8502>, s.sirota2258@gmail.com

About the Authors:

Elena V. Shishkina – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3392-1215>, Correspondence Author, elen4a_70@mail.ru
Anatoliy V. Aliluev – Deputy Director for Seed Production, aliluev@semena74.com
Sergey M. Sirota – Doc. Sci. (Agriculture), Deputy Director for Science, <https://orcid.org/0000-0001-5792-8502>, s.sirota2258@gmail.com

• Литература

1. Прохоров В.Н., Максименко Н.В. Колористическая оценка сортообразцов бархатцев. *Ботанические сады и дендрологические парки высших учебных заведений*. Горки: БГСХА, 2017. С. 77-79.
2. <https://scientificrussia.ru/articles/praktika-zelyonogo-stroitelstva> Практика «зеленого строительства» (дата обращения 16.05.2023)
3. <https://gavriushprof.ru/info/publications/tri-vida-barhatcev-dlya-biznesa-i-dizayna> (дата обращения 16.05.2023)
4. Демиденко Г.А. Экологическое обоснование ассортимента растений для системы зеленых насаждений в сибирском регионе. *Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Красноярск : изд-во КрасГАУ, 2019. С. 118–121.*
5. Максименко Н.В., Прохоров В.Н. Изучение различных генотипов растений из рода *Tagetes* L. как перспективных источников каротиноидов для биодобавок в птицеводстве. <https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-belorusskoy-gosudarstvennoy-selskohozyaystvennoy-akademii> (дата обращения 16.05.2023)
6. <https://www.mirkorma.ru>. (дата обращения 17.05.2023)
7. Козлова Е.А. Совершенствование технологий выращивания, размножения и оценка декоративных качеств линий петунии гибридной (*Petunia x hybrida* Vilm.). Москва, 2016. 22 с.
8. Бохан А.И. Селекция и технология семеноводства корнеплодных овощных культур. М., 2018. 35 с.
9. Волгин В.В., Потапова Н.В., Смолин Н.В. Декоративные качества и семенная продуктивность *Tagetes patula* (L.) в зависимости от применения минеральных удобрений и регуляторов роста. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020;8(190):43–50. EDN HPXDGXV.
10. Волгин В.В., Смолин Н.В., Потапова Н.В. и др. Влияние минеральных удобрений и стимуляторов роста на декоративные качества *Tagetes patula*. В сб.: XLVIII Огарёвские чтения: материалы науч. конф. в 3-х частях. Отв. за выпуск П.В. Сенин. Саранск : Изд-во Мордов ун-та, 2020. С. 91–95.
11. Волгин В.В. Приживаемость рассады циннии и тагетеса в зависимости от применения регуляторов роста и протравителей. 54-я Всерос. с международ. участием школа-конф. молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Проблемы и перспективы развития современной агрохимии». 26–27 ноября 2020 г. М.: ВНИИА, 2020. С.27–33.
12. Елагина Е.М. Влияние регуляторов роста циркон и элиген на некоторые физиологические показатели проростков бархатцев отклоненных. *Биологические науки в школе и вузе*. 2017;(18):49–59.
13. Дрягина И.В., Кудрявец Д.Б. Селекция и семеноводство цветочных культур. М.: Агропромиздат, 1986. 256 с.
14. Ханбабаева, О.Е. Биологические и технологические основы селекции декоративных травянистых однолетних растений порядка Ясноткоцветные (*Lamiales* Bromhead). М., 2007. 19 с.
15. Ковалевская Л.И., Бушуева В.И. Изменчивость морфологических и хозяйственно полезных признаков у клевера лугового и ее использование в селекции. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016;(3):74-78. EDN ZCDCJN.
16. Угарова С.В. Адаптационный потенциал сибирских сортов овощных растений: возможности, проблемы и решения. Барнаул, 2019. 229 с.
17. Кочанова Л.А. Особенности плодоношения и способов семеноводства однолетних цветочных растений в лесостепной зоне Алтая. Барнаул: 1985. 16 с.
18. Коцарева Н.В., Шульпекова Т.П. Семенная продуктивность однолетних цветочных культур в условиях Белгородской области. *Научные ведомости: серия Естественные науки*. 2011;3(98)11:31-34. EDN ORHMHN.
19. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург – Миасс, 2005. С.14.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
21. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИО; 2011, 648 с.
22. Клемешова К.В., Бударин А.А. Изменение количественных призна-

ков листьев садовых роз различных функциональных групп. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2020;(75):15-21.

23. Ларионова Н.Л. Основы цветоводства открытого грунта методические рекомендации по дисциплинам «Проектирование», «Ландшафтный дизайн»: Сборник учебно-методических материалов для студентов-дизайнеров направления подготовки 54.03.01 – Дизайн. Под редакцией Е.Л. Суздальцева. М. : МГОУ, 2016. С. 135–167.

24. Павленко Н.В., Варфоломеева Н.И. Биологические и технологические основы выращивания цветочных культур. Учеб. пособие. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2012. 248 с.

• References

1. Prokhorov V.N., Maksimenko N.V. Coloristic assessment of marigold varieties. *Botanical gardens and dendrological parks of higher educational institutions*. Gorki, 2017. pp. 77-79. (In Russ.)
2. <https://scientificrussia.ru/articles/praktika-zelyonogo-stroitelstva> The practice of "green building" (accessed 16.05.2023)
3. <https://gavriushprof.ru/info/publications/tri-vida-barhatcev-dlya-biznesa-i-dizayna> (accessed 05/16/2023)
4. Demidenko G.A. Ecological substantiation of plant assortment for the system of green spaces in the Siberian region. *Technologies and equipment for landscape gardening and landscape construction*. Krasnoyarsk, 2019, pp. 118–121. (In Russ.)
5. Maksimenko N.V., Prokhorov V.N. Study of various genotypes of plants from the genus *Tagetes* L. as promising sources of carotenoids for dietary supplements in poultry farming. <https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-belorusskoy-gosudarstvennoy-selskohozyaystvennoy-akademii> (Accessed 05/16/2023)
6. <https://www.mirkorma.ru>. (Date of access 05/17/2023)
7. Kozlova E.A. Improving the technologies of cultivation, reproduction and evaluation of the decorative qualities of the lines of petunia hybrid (*Petunia x hybrida* Vilm.). Moscow, 2016. 22 p. (In Russ.)
8. Bokhan A.I. Selection and technology of seed production of root vegetable crops. M., 2018. 35 p. (In Russ.)
9. Volgin V.V., Potapova N.V., Smolin N.V. Ornamental features and seed production of *Tagetes patula* L. depending on the application of mineral fertilizers and plant growth regulators. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020;8(190):43–50. EDN HPXDGXV. (In Russ.)
10. Kovalevskaya L.I., Bushueva V.I. Variability of morphological and economically useful traits in red clover and its use in breeding. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2016;(3):74-78. EDN ZCDCJN. (In Russ.)
11. Ugarova S.V. Adaptation potential of Siberian varieties of vegetable plants: opportunities, problems and solutions. Barnaul, 2019. 229 p. (In Russ.)
12. Kochanova L.A. Features of fruiting and methods of seed production of annual flowering plants in the forest-steppe zone of Altai. Barnaul: 1985. 16 p. (In Russ.)
13. Kotsareva N.V., Shulpekova T.P. Seed productivity of annual flower crops in the conditions of the Belgorod region. *Scientific statements: series Natural Sciences*. 2011;3(98)11:31-34. EDN ORHMHN. (In Russ.)
14. Kulikov P.V. Summary of the flora of the Chelyabinsk region (vascular plants). Ekaterinburg - Miass, 2005. P.14. (In Russ.)
15. Dospekhov B.A. Methods of field experience. Moscow: Kolos, 1979. 416 p. (In Russ.)
16. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: VNIIO; 2011, 648 p. (In Russ.)
17. Klemeshova K.V., Budarin A.A. Changes in the quantitative characteristics of the leaves of garden roses of various functional groups. *Subtropical and ornamental gardening*. 2020;(75):15-21. (In Russ.)
18. Larionova N.L. Fundamentals of open ground floriculture guidelines for the disciplines "Design", "Landscape Design": A collection of teaching materials for design students of the training direction 54.03.01 - Design. Edited by E.L. Suzdaltsev. M. : MGOU, 2016. P. 135–167. (In Russ.)
19. Pavlenko N.V., Varfolomeeva N.I. Biological and technological bases for growing flower crops. Proc. allowance. Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2012. 248 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-67-72>
УДК 635.64:631.526.32(470.44/.47)

А.В. Гулин*, О.П. Кигашпаева,
М.В. Муканов, В.Ю. Джабраилова

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 «ПАНЦ РАН») 416341, Россия, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16

*Автор для переписки: al_gulin@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Гулин А.В., Кигашпаева О.П., Муканов М.В., Джабраилова В.Ю. Перспективные сорта перца сладкого для условий Нижнего Поволжья. *Овощи России*. 2023;(4):67-72. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-67-72>

Поступила в редакцию: 01.06.2023

Принята к печати: 21.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Alexander V. Gulin*, Olga P. Kigashpayeva,
Mikhail V. Mukanov, Vera Yu. Dzhabrailova

All-Russian research institute of irrigated vegetable and melon growing – branch of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (FSBSI "PAFSC RAS") 16, st. Lyubich, Kamzyak, Astrakhan region, 416341, Russia

*Corresponding Author: al_gulin@mail.ru

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

For citations: Gulin A.V., Kigashpayeva O.P., Mukanov M.V., Dzhabrailova V.Yu. Perspective varieties of sweet pepper for the conditions of the Lower Volga region. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):67-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-67-72>

Received: 01.06.2023

Accepted for publication: 21.06.2023

Published: 05.07.2023

Перспективные сорта перца сладкого для условий Нижнего Поволжья



Резюме

В статье изложены результаты экспериментальных исследований по поиску, изучению и использованию качественно новых признаков сортов и линий перца сладкого, способных дополнить имеющийся ассортимент культуры и обеспечить импортозамещение зарубежных сортов и гибридов в отечественном семеноводстве овощных культур.

Цель. Целью исследований являлось создание новых конкурентоспособных сортов перца сладкого для расширения ассортимента культуры в рамках развития отечественного семеноводства.

Методы. Научная селекционная работа по теме исследований проводилась отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ-филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в 2020-2022 годах в рамках выполнения Государственного задания на опытное поле института (г. Камызяк, Астраханская область) по общепринятым методикам. В опытах применялась зональная агротехнология возделывания культуры, рекомендованная для орошаемого земледелия Нижнего Поволжья. Объектами исследований служили 7 перспективных образцов перца сладкого. В качестве стандарта были использованы районированные сорта перца сладкого «Подарок Молдовы» и «Дар Каспия».

Результаты. В статье представлены результаты изучения хозяйственно ценных качеств и признаков селекционных линий и новых сортов перца сладкого «Зарница» и «Принц Каспия» селекции ВНИИООБ. Сорт перца сладкого «Зарница» создан и внесен в 2023 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ. Среднеспелый (118-120 дней), характеризуется ранним и дружным завязыванием и созреванием плодов выровненной, конусовидной формы со светло-зеленой окраской в технической и красной - в биологической фазе созревания. Средняя масса плода 150-160 г, толщина стенки плода - 0,5-0,6 см, урожайность плодов - 55-60 т/га, товарность - до 93%. Сорт перца сладкого «Принц Каспия» создан и передан на Госсортоиспытание в 2022 году. Среднеспелый (120-125 дней), плоды призматической формы с зеленой окраской в технической и красной - в биологической зрелости. Средняя масса плода 175-180 г, средняя толщина стенки плода 0,7 см, средняя урожайность 52-53 т/га, товарность плодов - до 95%. В результате исследований выделена перспективная селекционная линия СП-154/20 с крупными кубовидными плодами массой 180-185 г и толщиной стенки до 0,8 см. Рекомендуются для потребления в свежем виде, консервирования и домашней кулинарии.

Заключение. Внедрение в производство созданных новых сортов перца сладкого будет способствовать импортозамещению и продовольственной независимости государства.

Ключевые слова: овощные культуры, селекция, перец сладкий, новый сорт, перспективная селекционная линия, ценные качества, хозяйственно ценные признаки

Perspective varieties of sweet pepper for the conditions of the Lower Volga region

Abstract

The article presents the results of experimental research on the search, study and use of qualitatively new traits of varieties and lines of sweet pepper that can complement the existing assortment of crops and ensure the import substitution of foreign varieties and hybrids in domestic vegetable seed production.

The purpose of the work. The aim of the research was to create new competitive varieties of sweet pepper to expand the range of crops in the framework of the development of domestic seed production.

Methods. Scientific breeding work on the research topic was carried out by the Department of Breeding and Seed Production of the VNIIOOB-branch of the Federal State Budget Scientific Institution "PAFSC RAS" in 2020-2022 as part of the implementation of the State task on the experimental field of the Institute (Kamzyak, Astrakhan region) according to generally accepted methods. In the experiments, the zonal agrotechnology of crop cultivation, recommended for irrigated agriculture in the Lower Volga region, was used. The objects of research were 7 promising samples of sweet pepper. The zoned varieties of sweet pepper "Gift of Moldova" and "Gift of the Caspian" were used as a standard.

Results. The article presents the results of a study of economically valuable qualities and traits of breeding lines and new varieties of sweet pepper "Zarnitsa" and "Prince Caspian" VNIIOOB breeding. The sweet pepper variety Zarnitsa was created and entered in 2023 in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in the Russian Federation. Mid-season (118-120 days), characterized by early and amicable setting and ripening of fruits of an even, cone-shaped shape with a light green color in the technical and red in the biological phase of ripening. The average fruit weight is 150-160 g, fruit wall thickness is 0.5-0.6 cm, fruit yield is 55-60 t/ha, marketability is up to 93%. The sweet pepper variety Prince Caspian was created and submitted for state variety testing in 2022. Mid-season (120-125 days), prism-shaped fruits with green color in technical and red color in biological maturity. The average fruit weight is 175-180 g, the average fruit wall thickness is 0.7 cm, the average yield is 52-53 t/ha, the fruit marketability is up to 95%. As a result of the research, a promising breeding line SL - 154/20 with large cube-shaped fruits weighing 184 g and a wall thickness of up to 0.8 cm has been identified. Recommended for fresh consumption, canning and home cooking.

Conclusion. The introduction of new varieties of sweet pepper into production will contribute to import substitution and food independence of the state.

Keywords: vegetable crops, breeding, sweet pepper, new variety, promising breeding line, valuable qualities, economically valuable traits

Введение

Переч сладкий (*Capsicum annuum* L.) является одной из наиболее распространенных и экономически значимых овощных культур в Российской Федерации. Высокий удельный вес культуры в структуре посевных площадей овощных культур объясняется широким спектром использования плодов и способностью расти и плодоносить в различных почвенно-климатических зонах. Основными районами возделывания перца в открытом грунте являются Нижнее Поволжье, Северный Кавказ, Краснодарский и Ставропольский край, Крым, Ростовская область. [1-4]. В плодах перца сладкого содержится большое количество витамина С, каротина, сахаров, витаминов РР, В6, В12 и других биологически активных веществ, благодаря которым он является ценным продуктом питания и сырьем для консервной промышленности, способствующим сохранению здоровья населения страны. Плоды перца сладкого обладают превосходными кулинарными качествами, широко используются в пищевой промышленности и для приготовления специй. Из них готовят консервированные, фаршированные, сушеные и другие витаминные продукты [5,6,7].

Высокий спрос населения на потребление плодов перца сладкого определяет задачи по увеличению урожайности и расширению сортового разнообразия культуры для различных направлений использования. Создание и внедрение в производство новых, урожайных и высокотехнологичных сортов и гибридов перца сладкого с высоким качеством плодов и устойчивостью к вредителям и болезням является основополагающими факторами повышения эффективности возделывания культуры.

Практика показывает, что иностранные гибриды не всегда хорошо адаптированы к почвенно-климатическим условиям различных регионов нашей страны [8,9,10]. Актуальность исследований заключалась в создании отечественных конкурентоспособных, высокоурожайных сортов перца сладкого для открытого грунта, обладающих улучшенными хозяйственно ценными признаками и качествами, повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды возделывания и отвечающих запросам и требованиям производителей, продавцов и потребителей продукции перца сладкого.

Цель исследований заключалась в изучении хозяйственных качеств перспективных линий перца сладкого, отборе источников хозяйственно ценных признаков (скороспелость, высокая продуктивность, качество плодов, пригодность для переработки) и их применении в селекции новых сортов культуры с высокими потребительскими качествами для выращивания в промышленном овощеводстве и использо-

вания в свежем виде и для переработки.

Научная новизна исследований заключалась в поиске, изучении и использовании качественно новых признаков сортов и линий перца сладкого, способных дополнить имеющийся ассортимент и обеспечить импортозамещение зарубежных сортов и гибридов в отечественном овощеводстве и семеноводстве овощных культур.

Материалы и методика

Селекционная работа с культурой перца сладкого по данной теме проводилась на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства-филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (г. Камызяк, Астраханская область) по общепринятым методикам [15]. В 2020-2022 гг. в конкурсных питомниках перца сладкого изучали 7 перспективных сортов и селекционных линий. Опыты закладывались в трехкратной повторности, в качестве стандарта использовались районированные сорта перца сладкого Подарок Молдовы и Дар Каспия. Рассада перца сладкого в опыте выращивалась без пикировки, в весенних теплицах с поликарбонатным светопрозрачным покрытием, на солнечном обогреве. Погодные условия в годы исследований соответствовали среднепогодным значениям. При проведении опытов применялась зональная агротехнология возделывания культуры, рекомендованная для Нижнего Поволжья [16]. Образцы перца сладкого высевали в теплице в первой декаде апреля, сухими семенами, по схеме 0,05 x 0,03 м. Почвенная смесь в стеллажах состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя. Уход за растениями в теплице в рассадный период заключался в своевременных поливах, прополке сорняков, рыхлении почвы и двух-трех подкормках минеральными удобрениями из расчета N10P15K20 г на 10 л воды – на 5 м² площади стеллажа. Фенологические наблюдения в теплице заключались в регистрации даты посева, начала и массовых всходов. Высадка рассады в открытый грунт проводилась в 1-2 декаде мая, согласно «Методике государственного сортоиспытания с/х культур», «Методике полевого опыта в овощеводстве» и др. [17, 18, 19] по схеме посадки: 1,4 x 0,2 м. Почва опытного участка – аллювиально-луговая, среднесуглинистая, среднесолонная, с однородным механическим составом и содержанием в пахотном слое почвы: гумуса – от 1,7 до 2,8%, гидролизуемого азота – от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора – от 28 до 45 мг/кг, обменного калия – от 250 до 400 мг/кг. Перед посадкой растений проводилось внесение в почву нитроаммофоски культиватором КРН-4,2 в дозе 250 кг/га в ф.в. Полив проводился при помощи капельного орошения с межполивными интервалами

3-4 дня с оросительной нормой 2750 м³/га. В период вегетации проводился учет начала (10%) и массового (75%) наступления фенологических фаз: цветение, созревание плодов. Учет урожайности растений в опыте проводился с разделением по структуре урожая. Агротехнические мероприятия состояли из двух-трех междурядных обработок, ручных прополок сорняков в рядах, химической обработки растений инсектицидом «Кораген» против хлопковой совки (1-2 раза). Оценку содержания в плодах сухого вещества, сахаров и других показателей проводили в лаборатории биохимических анализов: содержание сухого вещества, массовую долю сахара – по ГОСТ 8756.13-87, п.2; массовую долю витамина С – по ГОСТ 24556-89 [20,21].

Результаты исследований

В ходе изучения селекционных образцов перца сладкого в конкурсном сортоиспытании по группам, различающимся по форме плода, проведен отбор перспективных селекционных линий, представляющих хозяйственный интерес, выделившихся по комплексу ценных признаков (срокам созре-

вания, продуктивности, средней массе плодов) и отвечающих заданным параметрам модели сорта и направлений использования.

В группе изучаемых образцов перца сладкого с плодами конусовидной формы (3 образца) в качестве стандарта принят районированный сорт Подарок Молдовы. Результаты изучения образцов перца сладкого этой группы по комплексу хозяйственно ценных признаков показали, что по скороспелости все изучаемые образцы не уступали, а по урожайности и средней массе плода превосходили стандарт. Наибольшая общая урожайность (58,87 т/га) и средняя масса плода (156 г.) отмечены у находящегося в изучении нового сорта перца сладкого «Зарница», а наиболее раннеспелым отмечен образец перца сладкого СЛ-24/18 с периодом от всходов до созревания 116 дней (табл. 1).

Для группы изучаемых образцов с плодами кубовидной и призмовидной формы (4 образца) в качестве стандарта использован районированный по региону проведения исследований сорт перца сладкого Дар Каспия. По результатам изучения образцов перца сладкого данной группы, лучшие

Таблица 1. Характеристика хозяйственно ценных признаков образцов перца сладкого с конусовидной формой плодов в конкурсном селекционном питомнике (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 1. Characteristics of economically valuable features of sweet pepper samples with a cone-shaped fruit in a competitive breeding nursery (average for 2020-2022)

Образец	Всходы - созревание, дней	Урожайность общая, т/га	Урожайность товарная		Средняя масса плода, г
			т/га	%	
Подарок Молдовы (стандарт)	124	46,84	43,22	92,29	115
Зарница	119	58,87	54,66	92,85	156
СЛ-6/20	124	56,55	53,12	93,94	143
СЛ-24/18	116	51,96	46,22	88,95	137
НСР ₀₅		4,9	5,7		

Таблица 2. Характеристика хозяйственно ценных признаков образцов перца сладкого с кубовидной и призмовидной формой плодов в конкурсном селекционном питомнике (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 2. Characteristics of economically valuable traits of sweet pepper samples with cuboid and prism-shaped fruits in a competitive breeding nursery (average for 2020-2022)

Образец	Всходы - созревание, дней	Урожайность общая, т/га	Урожайность товарная		Средняя масса плода, г
			т/га	%	
Дар Каспия (стандарт)	132	48,34	44,10	91,24	142
СЛ-154/20	131	62,18	55,81	89,76	184
Принц Каспия	126	52,68	50,16	95,23	177
СЛ-КУБКОР-4/20	130	42,29	38,40	90,82	158
СЛ-КРАСКУБ-5/20	125	36,17	31,15	86,14	123
НСР ₀₅		3,5	3,1		

показатели по урожайности (62,18 т/га) и средней массе плода (184 г.) показал образец (линия) СЛ-154/20, по раннеспелости – образец (линия) СЛ-КРАСКУБ-5/20 и новый сорт перца сладкого Принц Каспия (125 и 126 дней соответственно), существенно превосходящие по этим показателям стандарт Дар Каспия (табл. 2).

Важным показателем оценки качества плодов перца сладкого в селекционной работе является содержание биохимических веществ в продукции. По результатам биохимического анализа плодов перца сладкого в группе изучаемых образцов с плодами конусовидной формы по ряду показателей выделился новый сорт перца сладкого «Зарница», показавший более высокое содержание в плодах суммы сахаров (на 0,35%) и аскорбиновой кислоты (на 19,26 мг%), в сравнении со стандартом (сорт Подарок Молдовы).

В группе изучаемых образцов с кубовидной и призмовидной формой плода все изучаемые образцы имели превышение по содержанию сухого вещества (на 0,35-1,53%) и сахаров (на 0,07-1,09%) в сравнении с сортом-стандартом (Дар Каспия). Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечено в плодах изучаемых образцов селекцион-

ной линии СЛ-154/20 и сорта Принц Каспия, что на 33,84 мг% и 25,08 мг% было выше, чем у стандарта (табл. 3).

По результатам селекционной работы в данный период исследований учеными института создан и внесен в 2022 году в Государственный реестр селекционных достижений РФ новый сорт перца сладкого Зарница, характеризующийся ранним и дружным завязыванием и созреванием плодов. Период от массовых всходов до начала созревания плодов – 118-120 суток, высота растений – 0,65–0,70 м. Плоды выровненной, конусовидной формы, с желто-зеленой окраской в технической и красной – в биологической фазе созревания, со средней массой плода 150-160 г. Плод формирует 3-4 камеры, толщина стенки плода составляет 0,6 см. Средняя урожайность сорта в опыте составила 58,9 т/га, товарность – 92,8% (рис. 1).

Также в 2022 году учеными института создан и передан на испытание в Государственную комиссию РФ по испытанию и охране селекционных достижений новый перспективный сорт перца сладкого Принц Каспия. Сорт характеризуется среднеспелым сроком созревания, период от массовых всходов до начала созревания – 125-126 дней. Растения высотой

Таблица 3. Содержание биохимических веществ в плодах образцов перца сладкого в конкурсном селекционном питомнике (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 3. The content of biochemical substances in the fruits of the samples of the competitive nursery of sweet pepper (average for 2020-2022)

Образец	Сухое вещество		Сумма сахаров		Аскорбиновая кислота	
	%	+/-	%	+/-	мг %	+/-
Зарница	5,68	-1,69	3,82	+0,35	211,32	+19,26
СЛ-24/18	6,20	-1,17	3,56	+0,09	145,92	-46,14
СЛ-6/20	6,80	-0,57	3,56	+0,09	188,08	-3,98
Подарок Молдовы» (стандарт)	7,37	-	3,47	-	192,06	-
СЛ-КУБОК-4/20	6,52	+0,45	3,50	+0,07	174,17	-36,91
СЛ-КРАСКУБ-5/20	6,42	+0,35	3,51	+0,08	165,12	-45,96
СЛ-154/20	7,48	+1,41	3,78	+0,31	244,92	+33,84
Принц Каспия	7,60	+1,53	4,52	+1,09	236,16	+25,08
Дар Каспия (стандарт)	6,07	-	3,43	-	211,08	-



Рис. 1. Сорт перца сладкого Зарница
Fig. 1. A variety of sweet pepper Zarnitsa



Рис. 2. Сорт перца сладкого Принц Каспия
Fig. 2. Sweet pepper variety Prince of the Caspian



Рис. 3. Перспективная селекционная линия перца сладкого СЛ-154/20
Fig. 3. Promising breeding line of sweet pepper SL-154/20

0,7–0,8 м, плоды призматической формы, средняя масса плода – 175–180 г, с зеленой окраской плода – в технической и красной – в биологической степени созревания. Длина плода – 9–10 см, количество камер – 3–4, толщина стенки – 0,7 см. Средняя урожайность в опыте составила 52,7 т/га, товарность – более 95% (рис.2).

В качестве перспективной линии для дальнейшей селекционной работы выделен по урожайности (62,18 т/га) и средней массы плода (184 г) образец перца сладкого СЛ-154/20. Количество камер – 3–4, толщина стенки – 0,7 см, высота растения – 0,7–0,8 м, с более ранним, чем у стандарта, сроком созревания. Период от массовых всходов до начала созревания в опыте у данного образца составил 131 день (рис.3).

Плоды вышеуказанных изучаемых сортов и перспективных селекционных линий перца сладкого рекомендуется использовать для потребления в свежем виде, консервирования, домашней кулинарии [11, 12, 13].

Выводы

В результате селекционной работы на основании проведенной оценки перспективных образцов перца сладкого в конкурсном сортоиспытании по комплексу хозяйственно ценных признаков учеными-селекционерами института созданы 2 новых перспективных сорта перца сладкого для открытого грунта (Зарница и Принц Каспия), отобраны перспективные образцы для дальнейшей селекционной работы и выделена перспективная селекционная линия перца сладкого СЛ-154/20 с крупными кубовидными плодами массой 184 г, толщиной стенки 0,8 см и высоким содержанием аскорбиновой кислоты в плодах (244,9 мг%) для потребления в свежем виде, консервирования и домашней кулинарии.

Об авторах:

Александр Владимирович Гулин – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИОББ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»;

<https://orcid.org/0000-0001-6000-5311>, ID: 1078730, автор для переписки, al_gulin@mail.ru

Ольга Петровна Кигашпаева – кандидат с.-х. наук, зав. отделом селекции и семеноводства,

<https://orcid.org/0000-0003-4578-6177>, vnioob@mail.ru

Михаил Владимирович Муканов – младший научный сотрудник ВНИИОББ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», аспирант ФГБНУ ФНЦО,

<https://orcid.org/0000-0003-1751-7340>, mmv4601@yandex.ru

Вера Юрьевна Джабраилова – младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства

About the Authors:

Alexander V. Gulin – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Director of VNIIOOB – branch of the FSBSI “PAFSC RAS”;

<https://orcid.org/0000-0001-6000-5311>, ID: 1078730, al_gulin@mail.ru

Olga P. Kigashpaeva – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Breeding and Seed Production,

<https://orcid.org/0000-0003-4578-6177>, vnioob@mail.ru

Mikhail V. Mukanov – Junior Researcher of VNIIOOB – branch of the FSBSI “PAFSC RAS”, postgraduate student of FSBSI FSVC,

<https://orcid.org/0000-0003-1751-7340>, mmv4601@yandex.ru

Vera Yu. Dzhabrailova – Junior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production

• Литература

1. Астраханская область в цифрах: краткий статистический сборник. Астраханьстат. Астрахань, 2020. С. 43–45.
2. Панфилов В.А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2016;(2):10–12. EDN VZSWBH.
3. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 года №996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы».
4. Иванова В.Н., Серегин С.Н. О проекте стратегии развития АПК России на период до 2030 года. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2018;(7):2–7. EDN XTUSZN.
5. Козловская Е.А., Пышная О.Н., Мамедов М.И., Джос Е.А., Матюкина А.А. Подбор родительских компонентов при создании гибридов перца сладкого для степной и сухостепной зон. *Овощи России*. 2019;(1):8–11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-8-11>. EDN WHWADD.
6. Авдеев Ю.И., Авдеев А.Ю., Кигашпаева О.П. Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур. Астрахань, 2014. 204 с.
7. Тоцкий И.В., Гордеева Е.И., Кукоева Т.В., Петров А.Ф., Юдина Р.С., Хлесткина Е.К., Шоева О.Ю. Генетическое разнообразие и антиоксидантный потенциал сортов перца сладкого (*capsicum annuum* L.) Сибирской селекции. *Письма в Вавилонский журнал генетики и селекции*. 2019;5(1):35–43. DOI 10.18699/Letters2019-5-4. EDN LIRAPA.
8. Холмуминов Т.К., Арамов М.Х. Перспективные сорта и гибриды F₁ перца сладкого для центральной зоны Узбекистана. *Овощи России*. 2021;(4):78–82. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-78-82>. EDN WVQCTV.
9. Цыбикова О.М., Алтаева О.А., Цыренов В.А., Цыдыпов Б.Д. Перспективные гибриды перца сладкого в условиях города Улан-Удэ. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2021;4(65):200–206. DOI 10.34655/bgsha.2021.65.4.027. EDN JIQILR.
10. Кигашпаева О.П., Гулин А.В., Каракаджиев А.С., Джабраилова В.Ю., Лаврова Л.П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИОББ. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;3(67):161–170. DOI 10.32786/2071-9485-2022-03-19. EDN JVEPVQ.
11. Каракаджиев А.С., Кигашпаева О.П., Гулин А.В., Муканов М.В. Коллекция генетического разнообразия *Capsicum annuum* L. и использование её в создании новых сортов. Материалы V Вавилонской международной научной конференции в ознаменовании 135 годовщины со дня рождения Н.И. Вавилова. 21 – 25 ноября 2022. С. 175.
12. Гулин А.В., Мачулкина В.А., Кигашпаева О.П., Каракаджиев А.С., Володина С.А. Энергосберегающая сушка перца сладкого. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022;(2):41–51. <https://doi.org/10.36107/spf.2022.251>. EDN WAQZHA.
13. 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. DOI 10.52653/PPI.2022.11.11.006. EDN FAMNPG.
14. Агроклиматические ресурсы Астраханской области. М.: Гидрометеиздат. 1974. 136 с.
15. Байрамбеков Ш.Б., Боcharov В.Н., Соколова Г.Ф. и др. Элементы технологии возделывания овощных культур (томат, огурец, перец) в Астраханской области: монография. Астрахань, 2017. 52 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
17. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2015. 61 с.
19. Литвинов С.С. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с.
20. Ермаков Е.И. Методы биохимического исследования растений. СПб.: Агропромиздат, 1987.
21. Rajametov S.N., Yang E.Y., Cho M.C., Jeong N.B. Effect of leaf cold damage after chilling temperature treatment on growth and reproductive parameters of chilli pepper plants. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):5–11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-5-11>. EDN VOEVHL.

• References

1. Astrakhan region in numbers: a brief statistical collection /Astrakhanstat. Astrakhan, 2020. 43–45. (In Russ.)
2. Panfilov V.A. Food security of Russia and the sixth technological tenor in the AIC. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2016;(2):10–12. EDN VZSWBH. (In Russ.)
3. Decree of the Government of the Russian Federation No. 996 dated August 25, 2017 "On Approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017–2025". (In Russ.)
4. Ivanova V.N., Seregin S.N. About the draft strategy of development of agro-industrial complex of Russia for the period till 2030. *Economics of agricultural and Processing enterprises*. 2018;(7):2–7. EDN XTUSZN. (In Russ.)
5. Kozlovskaya E.A., Pyshnaya O.N., Mamedov M.I., Dzhos E.A., Matyukina A.A. Selection of parental components of sweet pepper hybrids for steppe and dry steppe. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):8–11. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-8-11>. EDN WHWADD.
6. Avdeev Yu.I., Avdeev A.Yu., Kigashpaeva O.P. Methodological developments, donors and research directions in vegetable crop breeding. Astrakhan, 2014. 204 p. (In Russ.)
7. Totsky I.V., Gordeeva E.I., Kukoeva T.V., Petrov A.F., Yudina R.S., Khlestkina E.K., Shoeva O.Yu. Genetic diversity and antioxidant properties of the bell pepper (*capsicum annuum* L.) cultivars bred for Siberia. *Letters to Vavilov journal of genetics and breeding*. 2019;5(1):35–43. DOI 10.18699/Letters2019-5-4. EDN LIRAPA. (In Russ.)
8. Kholmuminov T.K., Aramov M.K. Promising varieties and hybrids F₁ sweet pepper for the central zone of Uzbekistan. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):78–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-78-82>. EDN WVQCTV.
9. Tsybikova O.M., Altaeva O.A., Tsyrenov V.A., Tsydyrov B.D. Promising hybrids of sweet pepper for Ulan-Ude city conditions. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*. 2021;4(65):200–206. DOI 10.34655/bgsha.2021.65.4.027. EDN JIQILR. (In Russ.)
10. Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Karakadzhiev A.S., Dzhabrailova V.Y., 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. DOI 10.32786/2071-9485-2022-03-19. EDN JVEPVQ. (In Russ.)
11. Karakadzhiev A.S., Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Mukanov M.V. Collection of genetically modified *capsicum* of annual L. and its use in the creation of new products. varieties. Materials in the Vavilov International Scientific Conference in recognition of the 135th anniversary of the birth of N.I. Vavilov. November 21–25, 2022. 175 p. (In Russ.)
12. Gulin A.V., Machulkina V.A., Kigashpaeva O.P., Karakadzhiev A.S., Volodina S.A., Energy-saving drying of sweet pepper. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022;(2):41–51. <https://doi.org/10.36107/spf.2022.251>. EDN WAQZHA. (In Russ.)
13. Gulin A.V., Machulkina V.A., Kigashpaeva O.P., Dzhabrailova V.Y., Lavrova L.P. Sweet pepper is a vitamin product. *Food Industry*. 2022;(11):25–28. DOI 10.52653/PPI.2022.11.11.006. EDN FAMNPG. (In Russ.)
14. Agro-climatic resources of the Astrakhan region. M.: Hydrometeizdat. 1974. 136 p. (In Russ.)
15. Bayrambekov Sh.B., Bocharov V.N., Sokolova G.F., etc. Elements of technology of cultivation of vegetable crops (tomato, cucumber, pepper) in the Astrakhan region: monograph. Astrakhan, 2017. 52 p. (In Russ.)
16. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
17. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M., 2011. 649 p. (In Russ.)
18. Methodology of state variety testing of agricultural crops. M., 2015. 61 p. (In Russ.)
19. Litvinov S.S. Breeding, seed production and varietal agrotechnics of vegetable, melon and flower crops. M., 2016. 344 p. (In Russ.)
20. Ermakov E.I. Methods of biochemical research of plants. St. Petersburg: Agropromizdat, 1987. (In Russ.)
21. Rajametov S.N., Yang E.Y., Cho M.C., Jeong N.B. Effect of leaf cold damage after chilling temperature treatment on growth and reproductive parameters of chilli pepper plants. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):5–11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-5-11>. EDN VOEVHL.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-73-81>
УДК 635.9.092:550.3:631.81.095.337

О.А. Быкова^{2*}, Р.Н. Тхаганов²,
В.Р. Тхаганов², А.И. Морозов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал),
353225, Россия, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, пос. ЗОС ВНИИЛР

*Автор для переписки:
krasnodarvilar@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Финансирование. Работа проводилась согласно гос. задания по теме: «Роль экзогенных регуляторов роста и микроудобрений в повышении продуктивности и устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды лекарственных растений при их культивировании в Северо-Кавказском регионе» (№ FGUU-2022-0009).

Для цитирования: Быкова О.А., Тхаганов Р.Н., Тхаганов В.Р., Морозов А.И. Эффективность комплексного применения гуматов и микроудобрений на маклее кьюсской (*Macleaya x kevensis* TURILL.) и маклее сердцевидной (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.). *Овощи России*. 2023;(4):73-81.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-73-81>

Поступила в редакцию: 30.05.2023

Принята к печати: 18.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Olga A. Bykova^{2*}, Ramazan N. Thaganov²,
Vitaly R. Thaganov², Aleksandr I. Morosov¹

¹ All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grina str., Moscow, Russia, 117216

² All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (North Caucasus branch)
village ZOS VNIILR, Vasyurinskaya station, Dinskoy district, Krasnodar Territory, Russia, 353225

*Corresponding Author: krasnodarvilar@gmail.com

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

Funding The work was carried out in accordance with the state. assignments on the topic: "The role of exogenous growth regulators and microfertilizers in increasing the productivity and resistance to abiotic and biotic environmental factors of medicinal plants during their cultivation in the North Caucasus region" (No. FGUU-2022-0009).

For citations: Bykova O.A., Thaganov R.N., Thaganov V.R., Morosov A.I. The effectiveness of the complex application of humates and micronutrient fertilizers on the *Macleaya x kevensis* Turill. and *Macleaya cordata* (Willd.) R.Br. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):73-81. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-73-81>

Received: 30.05.2023

Accepted for publication: 18.06.2023

Published: 05.07.2023

Эффективность комплексного применения гуматов и микроудобрений на маклее кьюсской (*Macleaya x kevensis* TURILL.) и маклее сердцевидной (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.)



Резюме

Актуальность. В арсенале средств, обладающих антибактериальной активностью, значительное место принадлежит препаратам на основе сырья двух видов маклеи – маклеи сердцевидной (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.) и маклеи кьюсской (*Macleaya x kevensis* Turill.), применяемых, как в медицинской, так и в ветеринарной практике. Обеспечить данным лекарственным сырьем в полном объеме отечественную фармацевтическую отрасль возможно за счет разработки приемов повышения урожайности и адаптации маклеи к нестабильным погодным условиям окружающей среды.

Материал и методы. Опыты по изучению влияния применения гуматов и микроудобрений на эти показатели закладывали на полях Северо-Кавказского филиала ВИЛАР в 2019-2021 годах. Изучали морфологические и хозяйственно ценные признаки двух видов маклеи, оценивали показатели роста растений, урожайность сырья, содержание алкалоидов и их сбор с гектара при оптимальных и засушливых погодных условиях.

Результаты. Установлены различия между двумя видами маклеи по морфологическим и хозяйственно ценным признакам. У маклеи сердцевидной пальчато-лопастные листья светло-зеленого цвета, корни вертикальные, округло-цилиндрические, достигающие глубины 50 и более см, высота растений 300-350 см. Маклея кьюсская имеет листья темно-зеленого цвета, обратно-яйцевидной формы, корни располагаются горизонтально на глубине 25-30 см, высота растений 200-250 см. Урожайность маклеи кьюсской на 35-40 % ниже, чем у маклеи сердцевидной, однако содержание алкалоидов в её сырье в 9-10 раз выше и составляет 0,98-1,04% против 0,162-0,164% у маклеи сердцевидной. Установлена зависимость роста, развития и урожайности двух видов маклеи от метеорологических условий. В условиях недостаточного водообеспечения и высоких температур у маклеи сердцевидной потери урожая составляют на I году вегетации 14%, на II-м – 6%, у маклеи кьюсской – 21 и 12%, соответственно. Некорневые обработки комплексом Нормат Л с Феровитом на первом году вегетации способствовали снижению потерь урожая и увеличению выхода алкалоидов с 1 гектара у обоих видов маклеи, во втором году при этих обработках наблюдалось повышение урожайности на 7-11%, сбор алкалоидов с гектара увеличился на 14-18%.

Ключевые слова: маклея сердцевидная, маклея кьюсская, погодные условия, Нормат Л, Феровит, урожайность, алкалоиды

The effectiveness of the complex application of humates and micronutrient fertilizers on the *Macleaya x kevensis* Turill. and *Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.

Abstract

Relevance. In the arsenal of agents with antibacterial activity, a significant place belongs to preparations based on the raw materials of two types of Macleia - *Macleaya x kevensis* Turill. and *Macleaya cordata* (Willd.) R.Br. used both in medical and veterinary practice. It is possible to provide the domestic pharmaceutical industry with these medicinal raw materials in full through the development of methods for increasing yields and adapting Maclea to unstable environmental weather conditions.

Material and methods. Experiments to study the effect of the use of humates and microfertilizers on these indicators were laid in the fields of the North Caucasus branch of VILAR in 2019-2021. We studied the morphological and economically valuable traits of two species of Maclea, evaluated the growth rates of plants, the yield of raw materials, the content of alkaloids and their collection per hectare under optimal and dry weather conditions.

Results. Differences between the two types of Maclea are established in terms of morphological and economically valuable traits. Maclea heart-shaped palmate-lobed leaves are light green in color, the roots are vertical, round-cylindrical, reaching a depth of 50 cm or more, plant height is 300-350 cm. at a depth of 25-30 cm, plant height 200-250 cm. % versus 0.162-0.164% for the heart-shaped Maclea. The dependence of the growth, development and productivity of two types of Maclea on meteorological conditions has been established. Under the conditions of insufficient water supply and high temperatures, the loss of yield in the first year of vegetation in *Macleaya cordata* is 14%, in the second year - 6%, in *Macleaya x kevensis* - 21 and 12%, respectively. Foliar treatments with the Normat L complex with Ferovit in the first year of vegetation contributed to a decrease in crop losses and an increase in the yield of alkaloids per 1 hectare in both types of makley, in the second year, with these treatments, an increase in yield by 7-11% was observed, the collection of alkaloids per hectare increased by 14-18%.

Ключевые слова: маклея сердцевидная, маклея кьюсская, погодные условия, Нормат Л, Феровит, урожайность, алкалоиды

Введение

Важная роль в лечении антибактериальных заболеваний принадлежит лекарственным растениям семейства Маковые (Papaveraceae) – маклее сердцевидной (*Macleaya cordata* (Willd) R.Br.) и маклее кьюсской (*Macleaya x kevensis* Turill). Их биологическая активность обусловлена суммой алкалоидов – сангвинарина и хелеритрина. На их основе были созданы медицинские препараты: Сангвиритрин, применяемый при лечении гнойно-воспалительных заболеваний, в дерматологии при различных микозах, в стоматологии при стоматите и пародонтите и коллагеновая губка Сангвикол, используемая в случае инфицированных ран и ожогов. Лекарственная форма Сангвиритрина не оказывает раздражающего эффекта на кожные покровы и слизистые оболочки, поэтому она используется в качестве антисептической добавки при производстве косметических кремов, шампуней и зубных паст [1, 2].

Сырье маклеи сердцевидной широко используется для производства препаратов, применяемых в ветеринарии. В России разработан антимикробный наноконкомплекс, который предотвращает развитие дисбактериоза у птицы, положительно влияет на биохимические и зоотехнические показатели и обеспечивает высокую сохранность поголовья [3]. В Германии производятся кормовые добавки на основе экстрактов сырья маклеи сердцевидной (Sangrovit) для птицы, свиней, крупного рогатого скота, которые позволяют блокировать рост патогенных бактерий, являются заменой антибиотических стимуляторов роста, также обладают противовоспалительным действием [4, 5].

Обеспечить сырьем маклеи сердцевидной и маклеи кьюсской фармацевтическую и косметическую отрасли возможно лишь при выращивании растений в промышленных масштабах, так как естественный ареал их произрастания в основном сосредоточен в Китае и Японии. Однако оба вида маклеи выращиваются на полях Северо-Кавказского филиала ВИЛАР, также там проводятся исследования по разработке приемов повышения их урожайности.

В наших более ранних исследованиях определены способы размножения этих видов: у маклеи сердцевидной – рассадный способ, у маклеи кьюсской – отрезки корневищ [6].

Для повышения урожайности сырья маклеи кьюсской в условиях Западного Предкавказья осуществлены испытания комплексного применения органоминерального удобрения ЭкоФус и гуминового удобрения Гумат К с микроудобрением Силиплант, в результате которых получена прибавка урожая 16-18% [7]. Повышение урожайности данного вида маклеи установлено в условиях Белгородской области при двукратной обработке комплексным удобрением АгроМастер [8].

Однако эти исследования были проведены только на одном виде маклеи (маклея кьюсская) и без учета погодных условий, которые оказывают существенное влияние на формирование урожая. Как было показано в ряде работ, резкие колебания температуры и недостаточное водообеспечение оказывают негативное влияние на рост, развитие и урожайность лекарственных культур [9, 10].

В связи с вышесказанным, цель наших исследований заключалась в сравнительном изучении морфологических и хозяйственно-ценных особенностей маклеи кьюсской и маклеи сердцевидной, влияния комплексного применения гуминовых удобрений с микроудобрениями на урожайность, содержание алкалоидов и их сбор с гектара на двух видах маклеи в зависимости от погодных условий.

Материалы и методы

Исследования по применению гумата, микроудобрения и их комплекса на маклее кьюсской и маклее сердцевидной проводили на полях Северо-Кавказского филиала ВИЛАР в 2019-2021 годах.

Погодные условия проведения опытов различались по температурному режиму и влагообеспеченности. Так, 2019 и 2021 годы, несмотря на превышение температур вегетационного периода по сравнению со среднемноголетними показателями на 4-5° С, были оптимальными для роста растений. Это связано с достаточным количеством осадков, которые в апреле-июне 2019 года превышали среднемноголетние показатели на 4-21 мм, а далее были практически на их уровне, в 2021 году превышение составило с апреля по сентябрь 11-75 мм. Погодные условия 2020 года отличались высокими температурами, превышающими среднемноголетние на 3-11° С, которые сопровождались низким уровнем осадков, их количество в наиболее важные для роста растений сроки (июнь-август) было ниже средних многолетних показателей на 11-35 мм.

Почва опытного участка представлена выщелоченным малогумусовым черноземом с содержанием гумуса в верхнем горизонте 3,7%, реакция почвенной среды нейтральная с pH 5,9. Результаты агрохимического обследования показали, что содержание в почве обменного калия составляет 243 мг/кг, подвижного фосфора 27 мг/кг и серы – 6,2 мг/кг.

Посадка маклеи кьюсской проводилась отрезками корневищ размером 10-15 см, в первую-вторую декады ноября, рассада маклеи сердцевидной высаживалась в третьей декаде апреля. Нормы посадки корневищ 3 т/га, высадки рассады – 43 тыс. шт./га.

Полевые опыты закладывались по общепринятым методикам [10,11] при рендомизированном размещении делянок площадью 24 м², путем постановки мелко-деляночных опытов. Ширина междурядий 70 см. Повторность опыта 4-х кратная.

В исследованиях использовались: удобрение Нормат Л (0,3 кг/га), содержащее водорастворимые соли гуминовых и фульвовых кислот, в нем также присутствует азот (0,27 %), калий (8%), сера (2,7%), фосфор (0,18%) и микроудобрение Феровит (0,5 л/га), в состав которого входят: железо в аминокислотной форме (75 г/л) и азот (40 г/л). Контрольные растения обрабатывались водой. Расход рабочего раствора 300 л/га.

Внекорневые подкормки данными препаратами и их комплексом осуществлялись двукратно: на первом году вегетации – I-я в фазу начала стеблевания в первой декаде мая, II-я – в первой декаде июня (через 30-35 дней после первой обработки), на II году вегетации – I-я в первой декаде мая, II-я – по отрастающим растениям (после первого укоса) в третьей декаде июля.

Уборка надземной части (трава) на сырье осуществлялась на первом году вегетации во второй декаде августа, на втором году вегетации двукратно: первый укос – вторая декада июня (фаза бутонизации-начала цветения), второй укос – третья декада сентября.

Содержание алкалоидов (сумма бисульфатов сангвинарина и хелеритрина) определялось согласно ФС 42-2666–89, расчет проводился в % на абсолютно сухое вещество.

Экспериментальные данные обрабатывались статистически по Б.А. Доспехову [12].

Результаты и их обсуждение

Изучение маклеи сердцевидной и маклеи кьюсской показало, что они различаются по морфологическим и хозяйственно-ценным признакам. Маклея сердцевидная отличается по высоте растений, которая может достигать 300-350 см, имеет пальчато-лопастные листья светло-зеленого цвета, ширина и длина которых практически одинаковы, у маклеи кьюсской высота растений составляет 200-250 см, листья обратнояйцевидной формы, резко рассеченные, темно-зеленые. Площадь листовой поверхности у маклеи сердцевидной в 1,4-1,6 раза больше, чем у маклеи кьюсской (рис. 1).



Маклея сердцевидная



Маклея кьюсская

Рис. 1 Листья маклеи сердцевидной и маклеи кьюсской
Fig. 1. Leaves of *Macleaya x kevensis* Turill. and *Macleaya cordata* (Willd)

У обоих видов маклеи соцветие — метелка. На рисунке 2 четко видно, что только у маклеи сердцевидной в плодах завязываются полноценные семена в количестве 4-6 штук, у маклеи кьюсской образуется лишь одно щуплое зеленое семя. В связи с этим различаются способы их размножения.

Наблюдаются различия и по хозяйственно-ценным признакам — урожайности и содержанию действующих веществ. У маклеи кьюсской урожайность на 35-40 % ниже, чем у маклеи сердцевидной, однако содержание алкалоидов у нее в 9-10 раз выше и составляет 0,98-1,04 %, против 0,162-0,164 % у маклеи сердцевидной. Несмотря на существенные различия по ряду признаков, оба вида сырья широко используются для переработки. Так, сырье маклеи кьюсской с высоким содержанием действующих веществ идет на производство биологически активных веществ — сангвинарина и хелеритрина, а маклея сердцевидная с низким их содержа-

нием используется для производства ветеринарных препаратов.

В связи с вышесказанным, разработка приемов повышения урожайности сырья необходима для обоих видов маклеи. С этой целью на плантациях первого и второго годов вегетации осуществлялись некорневые подкормки гуминовым удобрением Нормат Л, микроудобрением Феровит и их комплексом. Выбор данных препаратов обусловлен не только их положительным влиянием на урожайность, но и тем, что в литературе имеются данные о повышении адаптационных возможностей растений к нестабильным погодным условиям при их применении. Авторы связывают действие данных препаратов с повышением интенсивности фотосинтеза, который при условии гидротермального стресса снижается, что отрицательно сказывается на получении высококачественного урожая. В их работах указано, что при применении гуматов увеличивается площадь ассимилирующей поверхности и фотосинтетический потенциал, а при использовании железосодержащего микроудобрения Феровит, являющегося универсальным стимулятором фотосинтеза, усиливается поступление железа, входящего в состав ферментов, участвующих в синтезе хлорофилла [14, 15].

Как указывалось выше, погодные условия выращивания маклеи различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что сказалось на росте и развитии растений. При засушливых условиях 2020 года наблюдалось снижение высоты растений первого года вегетации, которая к моменту уборки урожая на маклее кьюсской была 85,1 см, на маклее сердцевидной – 183,5 см, в то время как при оптимальных погодных условиях – 103,5 и 201,2 см соответственно. Также наблюдалось снижение количества листьев – на 12 и 9% и их площади – на 17 и 13% соответственно (табл.1). Двукратная обработка вегетирующих растений двух видов маклеи Нормат Л, Феровитом способствовала усилению ростовых процессов, независимо от погодных условий. Однако действие гумата и микроудобрения проявилось в большей степени при засушливых погодных условиях, где высота растений превышала контроль на 12-14%, количество листьев – на 12-13%,



Маклея сердцевидная

Маклея сердцевидная



Маклея сердцевидная



Маклея кыюсская

Рис. 2. Соцветия, плоды и семена двух видов маклеи
Fig. 2. Inflorescences, fruits and seeds of two types of Macleaya

Таблица 1. Влияние применения Нормат Л, Феровита и их комплекса на рост двух видов маклеи первого года вегетации в зависимости от погодных условий
Table 1. Influence of the application of Normat L, Ferovit and their complex on the growth of two types of Macleaya in the first year of vegetation, depending on weather conditions

вариант опыта	Годы проведения наблюдений							
	2019 (оптимальные погодные условия)				2020 (засушливые погодные условия)			
	высота растений, см	количество листьев, шт.	площадь листьев		высота растений, см	количество листьев, шт.	площадь листьев	
			см²	% к контролю			см²	% к контролю
Маклея кыюсская								
Контроль (вода)	103,5±5,19	12,6±0,64	238,7±11,94	100	85,1±4,26	11,1±0,57	198,9±9,8	100
Нормат Л	112,8±5,68	13,9±0,69	269,7±13,49	113	96,2±4,83	12,2±0,61	228,8±11,49	115
Феровит	111,8±5,61	14,0±0,70	272,0±13,67	114	97,1±4,87	12,4±0,63	230,6±11,51	116
НорматЛ+Феровит	118,0±5,92	14,4±0,73	286,4±14,37	120	100,3±5,04	13,0±0,64	242,8±12,15	122
Маклея сердцевидная								
Контроль(вода)	201,2±10,8	15,4±0,78	383,8±19,24	100	183,5±9,18	14,0±0,72	332,6±16,61	100
Нормат Л	221,3±11,08	16,9±0,86	317,9±15,91	112	207,4±10,36	15,7±0,79	379,2±18,98	114
Феровит	219,3±10,97	17,1±0,88	320,7±16,09	113	205,6±10,25	15,7±0,79	380,1±19,09	114
НорматЛ+Феровит	227,4±11,45	17,4±0,89	337,7±16,92	119	212,9±11,67	16,1±0,82	402,5±20,15	121

Таблица 2. Урожайность сухого сырья маклеи кьюсской и маклеи сердцевидной первого года вегетации
Table 2. Yield of dry raw materials of *Macleaya* of the first year of vegetation

вариант опыта	Маклея кьюсская				Маклея сердцевидная			
	Урожайность							
	2019 год		2020 год		2019 год		2020 год	
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю
Контроль (вода)	1,12	100	0,89	100	2,21	100	1,90	100
Нормат Л	1,28	114	1,03	116	2,48	112	2,17	114
Феровит	1,26	113	1,04	117	2,47	112	2,19	115
Нормат Л+Феровит	1,32	118	1,10	124	2,56	116	2,28	120
НСР ₀₅	0,086		0,078		0,118		0,187	

площадь листовой поверхности – на 14-16%, в то время, как при оптимальных условиях произрастания, эти показатели составили 8-10, 10-11 и 12-14% соответственно. Наибольшая эффективность отмечалась при комплексном применении Нормат Л и Феровита, особенно при гидротермальном стрессе, где высота растений увеличивалась по сравнению с контролем на 16-18%, количество листьев – на 15-17%, площадь листовой поверхности – на 21-22% (табл. 1).

Урожайность лекарственного сырья обоих видов маклеи определялась, как морфологическими особенностями растений, так и влиянием гуматов и микроудобрений на их ростовые процессы. Усиление роста растений на вариантах с Нормат Л и Феровитом способствовало и повышению урожайности: при гидротермальном стрессе – на 14-17 %, при температурном режиме и осадках на уровне среднесезонных – на 12-14 %. Наибольшее увеличение урожайности установлено на варианте комплексного применения гумата и микроудобрения. В этом варианте опыта на маклее

кьюсской урожайность при засушливых погодных условиях была 1,10 т/га (прибавка 24 %), при оптимальных – 1,32 т/га, (прибавка 18 %), на маклее сердцевидной эти показатели составили 2,28 и 2,56 т/га, прибавка 20 и 16 % соответственно (табл. 2).

На втором году вегетации наблюдается раннее отрастание растений: у маклеи сердцевидной – третья декада марта, через 7-10 дней появляется растения маклеи кьюсской. В прохождении остальных фенологических фаз различий по срокам не наблюдается. В конце третьей декады мая наступает фаза бутонизации, во второй декаде июня – начало цветения, к третьей декаде июня – полное цветение.

На момент первого срока уборки сырья (вторая декада июня) высота растений достигала: маклеи сердцевидной – 233,2-292,8 см, маклеи кьюсской – 207,8-233,2 см, что значительно превышает высоту растений первого года вегетации. Это также относится и к количеству листьев и площади ассимилирующей поверхности растений (табл. 3).

Таблица 3. Влияние Нормат Л, Феровита и их комплекса на рост растений двух видов маклеи на втором году вегетации (на момент первого укоса)
Table 3. Influence of Normat L, Ferovit and their complex on the growth of plants of two species of *Macleaya* in the second year of vegetation (at the time of the first mowing)

вариант опыта	2020 год (засушливые погодные условия)				2021 год (оптимальные погодные условия)			
	высота растений, см	количество листьев, шт.	площадь листьев		высота растений, см	количество листьев, шт.	площадь листьев	
			см²	% к контролю			см²	% к контролю
Маклея кьюсская								
Контроль (вода)	207,8±10,41	17,2±0,87	437,3±21,87	100	233,2±11,67	18,9±0,95	540,7±27,07	100
Нормат Л	232,9±11,6 5	18,1±0,91	502,9±25,18	115	256,5±12,86	19,7±0,98	617,3±30,87	114
Феровит	234,8±11,76	18,1±0,90	511,6±25,56	117	258,9±12,97	19,8±0,99	627,2±31,39	116
Нормат Л+Феровит	238,9±11,95	18,5±0,93	537,9±26,92	123	263,5±13,18	20,0±1,02	654,2±32,73	121
Маклея сердцевидная								
Контроль (вода)	296,9±14,84	22,1±1,11	687,2±34,32	100	312,4±15,71	22,8±1,15	747,9±37,42	100
Нормат Л	329,6±16,49	23,0±1,15	776,3±38,82	113	340,5±17,03	23,6±1,18	837,6±41,91	112
Феровит	329,3±16,46	23,1±1,16	797,1±39,83	116	343,0±17,19	23,7±1,19	852,1±42,62	114
Нормат Л+Феровит	338,5±16,94	23,4±1,17	817,8±40,94	119	356,1±17,83	24,3±1,33	882,4±44,16	118

Таблица 4. Урожайность сухого сырья двух видов маклеи на втором году вегетации
Table 4. The yield of dry raw materials of two types of *Macleaya* in the second year of vegetation

вариант опыта	2020 год (засушливые погодные условия)				2021 год (оптимальные погодные условия)			
	урожайность							
	I укос т/га	II укос т/га	сумма двух укосов		I укос т/га	II укос т/га	сумма двух укосов	
			т/га	% к контролю			т/га	% к контролю
Маклея кьюсская								
Контроль (вода)	6,15	1,36	7,51	100	6,98	1,55	8,53	100
Нормат Л	7,17	1,54	8,71	116	7,93	1,75	9,68	113
Феровит	7,09	1,55	8,64	115	7,96	1,74	9,70	114
Нормат Л + Феровит	7,53	1,64	9,17	122	8,24	1,83	10,07	118
НСР ₀₅	0,589	0,102	0,856		0,513	0,102	0,106	
Маклея сердцевидная								
Контроль (вода)	9,73	3,17	12,90	100	10,32	3,37	13,69	100
Нормат Л	11,03	3,55	14,58	113	11,61	3,72	15,33	111
Феровит	11,04	3,52	14,56	113	11,64	3,74	15,38	112
Нормат Л + Феровит	11,53	3,69	15,22	118	11,72	3,86	15,88	116
НСР ₀₅	1,012	0,342	1,383		1,312	0,198	1,471	

Однократная обработка Норматом Л и Феровитом независимо от погодных условий способствовала увеличению высоты растений к моменту первой уборки на 10-13%, количества листьев – на 12-15% и площади листовой поверхности – на 12-17%, комплексом Нормат Л + Феровит – на 12-16, 12-15 и 18-23%, соответственно (табл. 3). Повторные некорневые обработки вышеназванными препаратами по отрастающим растениям маклеи после первого сбора сырья обеспечили увеличение высоты растений по сравнению с контролем на 10-16%. Необходимо отметить, что эффективность влияния изучаемых препаратов на рост растений была несколько выше при засушливых погодных условиях.

Усиление роста и развития растений обоих видов маклеи на опытных вариантах положительно сказалось на величине урожая первого и второго укосов, особенно на варианте комплексного применения Нормат Л и Феровита. По сумме двух укосов в этом варианте опыта повышение урожайности по сравнению с контролем составило: на маклее кьюсской при засушливых погодных условиях – 22%, при оптимальных – 18%, маклеи сердцевидной – 18 и 16% соответственно. Увеличение урожайности (на 4-7%) было отмечено и по сравнению с отдельными обработками Феровитом и Нормат Л (табл.4).

Как видно из данных, приведенных в таблицах 2 и 4, урожайность сухого сырья обоих видов маклеи на втором году вегетации в несколько раз превышает урожайность первого года. Это можно связать со значительным усилением ростовых процессов, а также другими морфогенетическими особенностями. Так, у маклеи кьюсской корневая система представлена разветвленными, боковыми корнями, горизонтально расположенными в верхнем слое почвы (25-30 см) и на них в конце первого года вегетации начинают закладываться придаточные почки, из которых на втором году вегета-

ции развиваются новые растения. У маклеи сердцевидной на втором году вегетации наблюдается образование новых стеблей на самом растении, а корень уходит вертикально вниз, образуя небольшое количество боковых корней.

Полученные экспериментальные данные позволяют высказать предположение о том, что применение гуминовых удобрений, микроудобрений и их комплекса способствует повышению адаптационных возможностей растений маклеи в условиях абиотического стресса. Подтверждением этого могут служить данные по определению потерь урожая при дефиците влаги и высоких температурах, которые представлены на рисунке 3. Сравнивая потери урожая двух видов маклеи в условиях водного стресса и высоких температур необходимо отметить, что у маклеи сердцевидной на первом году вегетации они составляют 14 %, на втором – 6 %, у маклеи кьюсской – 21 и 12 % соответственно. Скорее всего, это связано со строением корневой системы. У маклеи кьюсской корни располагаются горизонтально, практически в пахотном слое (25-30 см), распространяясь в нем на 50-60 см, у маклеи сердцевидной они вертикальные, округло-цилиндрические, компактно-ветвистые, достигают глубины 50 и более см, что позволяет растениям потреблять воду из более глубоких слоев почвы. Некорневые обработки Нормат Л и Феровитом снижают потери урожая на маклее кьюсской до 7-8 %, на маклее сердцевидной – до 1-2 % по сравнению с контролем, а при комплексном их применении потери также составляют не более 2 %. Применение данных препаратов на втором году вегетации полностью устраняет отрицательное действие погодных условий на урожайность, во всех вариантах опыта не отмечены потери урожая, а наоборот наблюдается его повышение, особенно при использовании бинарной смеси Нормат Л с Феровитом (на 7-11 %) (рис. 3).

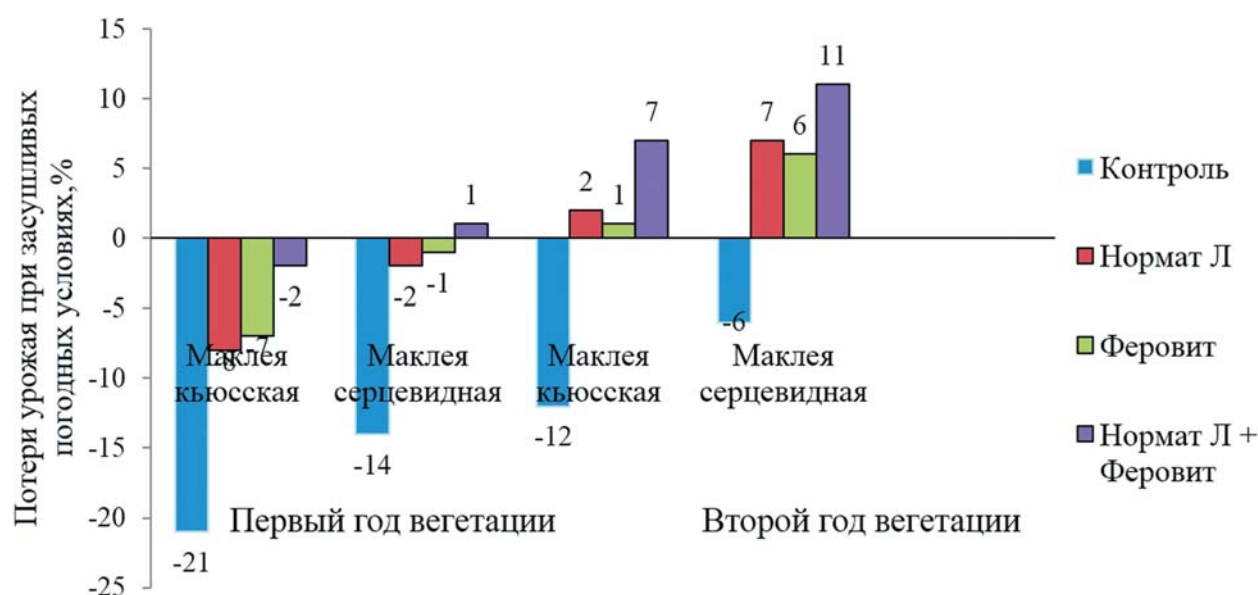


Рис. 3. Потери урожая маклеи кьюсской и маклеи сердцевидной при засушливых погодных условиях
Fig. 3. Yield losses of Macleaya under dry weather conditions

Определение содержания действующих веществ (алкалоидов) в сырье обоих видов маклеи показало различия в их содержании: у маклеи кьюсской этот показатель составил от 0,97 до 1,04%, у маклеи сердцевидной – от 0,162 до 0,165%. Обработки Нормат Л, Феровитом и их комплексом незначительно повышают содержание алкалоидов – на 3-7%. Необходимо отметить, что погодные условия практически не оказывают влияния на содержание алкалоидов в сырье обоих видов маклеи.

Сбор алкалоидов с гектара зависит как от урожайности сырья, так и от их содержания в нем. Так у маклеи кьюсской урожайность ниже, чем у маклеи сердцевидной, однако высокое содержание алкалоидов в сырье позволяет получать с гектара на первом году вегетации 8,7-10,9 кг/га, на втором году вегетации – 75,8-87,0 кг/га, в то время как у маклеи сердцевидной, отличающейся высокой урожайностью травы и низким содержанием алкалоидов, эти показатели составили 3,1-3,6 и 26,6-22,6 кг/га, соответственно.

Таблица 5. Содержание алкалоидов и их сбор с гектара на маклее сердцевидной и маклее кьюсской на первом и втором годах вегетации
Table 5. The content of alkaloids and their collection per hectare on the Macleaya in the first and second years of vegetation

Варианты опыта	Засушливые погодные условия			Оптимальные погодные условия		
	содержание алкалоидов, %	сбор алкалоидов		содержание алкалоидов, %	сбор алкалоидов	
		кг/га	% к контролю		кг/га	% к контролю
Маклея кьюсская I год вегетации						
Контроль, (вода)	0,98±0,050	8,7±0,43	100	0,97±0,049	10,9±0,54	100
Нормат Л	1,02±0,052	10,5±0,53	121	1,01±0,051	13,0±0,66	119
Феровит	1,03±0,052	10,7±0,55	123	1,02±0,052	12,9±0,65	118
Нормат Л + Феровит	1,04±0,053	11,4±0,58	131	1,03±0,052	13,6±0,68	125
Маклея кьюсская II год вегетации						
Контроль, (вода)	1,04±0,052	78,1±3,92	100	1,02±0,051	87,0±4,39	100
Нормат Л	1,06±0,053	92,4±4,63	118	1,06±0,053	102,6±5,10	118
Феровит	1,07±0,054	91,3±4,61	117	1,07±0,054	102,8±5,23	118
Нормат Л + Феровит	1,08±0,055	99,0± 4,96	127	1,09±0,056	108,8±5,47	125
Маклея сердцевидная I год вегетации						
Контроль, (вода)	0,162±0,0081	3,1±0,16	100	0,163±0,0082	3,6±0,18	100
Нормат Л	0,168±0,0085	3,6±0,18	116	0,169±0,0085	4,2±0,20	117
Феровит	0,170±0,0086	3,7±0,19	119	0,170±0,0086	4,2±0,21	117
Нормат Л + Феровит	0,172±0,0086	3,9±0,21	126	0,172±0,0086	4,4±0,22	122
Маклея сердцевидная II год вегетации						
Контроль, (вода)	0,165±0,0083	21,3±1,07	100	0,165±0,0082	22,6±1,13	100
Нормат Л	0,171±0,0086	24,9±1,25	117	0,170±0,0085	26,1±1,31	115
Феровит	0,173±0,0087	25,2±1,26	118	0,172±0,0086	26,5±1,33	117
Нормат Л + Феровит	0,175±0,0089	26,6±1,33	125	0,174±0,0087	27,6±1,38	122

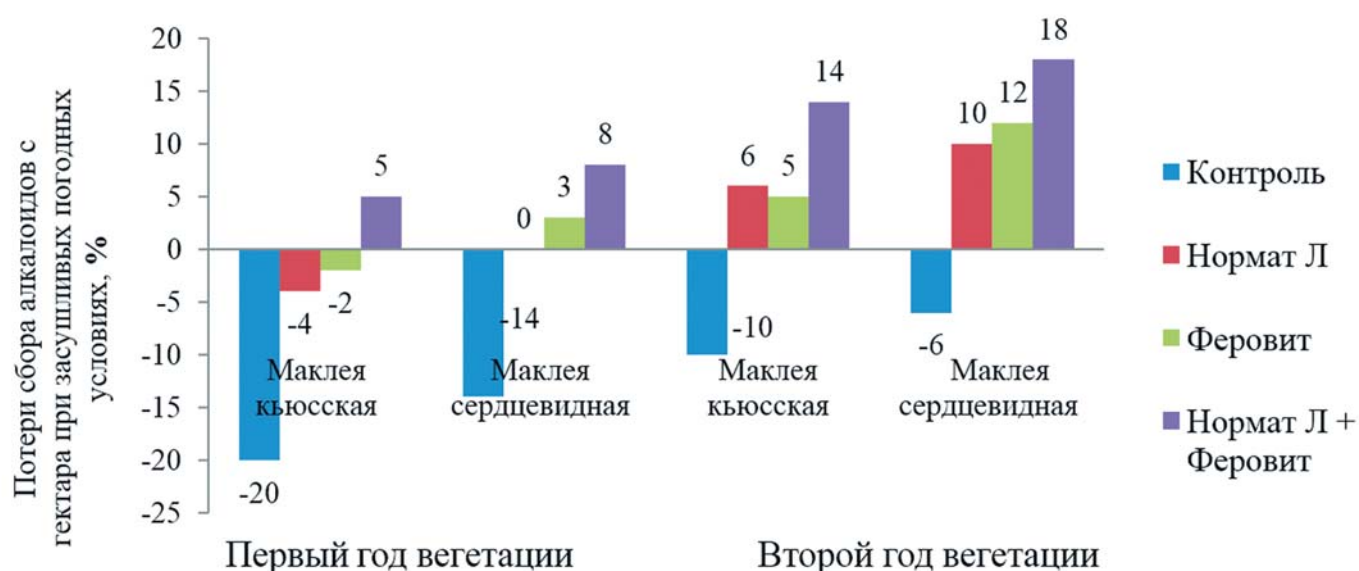


Рис. 4. Потери сбора алкалоидов с гектара двух видов маклеи при засушливых погодных условиях
Fig. 4. Loss of collection of alkaloids per hectare of two types of Macleaya under dry weather conditions

Применение Нормат Л и Феровита обеспечили повышение сбора алкалоидов по сравнению с контролем на маклее кьюсской на 18-23%, на маклее сердцевидной – на 15-19%, при их комплексном применении выход алкалоидов увеличился на 18-31 и 22-26%, соответственно (табл.5).

Изучение причин уменьшения сбора действующих веществ с гектара в условиях засухи показало, что они в основном зависят от потерь урожая, что хорошо видно из графика на рисунке 4.

Некорневые подкормки данными препаратами обеспечили снижение потери сбора действующих веществ с гектара, а на варианте с применением бинарной смеси Нормат Л и Феровит наблюдается повышение данного показателя на 5-8 % на первом и на 14-18% на втором году вегетации.

Таким образом, применение гуминового удобрения Нормат Л, железосодержащего микроудобрения Феровит и особенно их комплекса, способствует увеличению урожайности маклеи кьюсской и маклеи сердцевидной, а в условиях высоких температур и недостаточного водоснабжения повышает устойчивость растений к ним, обеспечивает сохранность урожая лекарственного сырья и высокий сбор алкалоидов с гектара.

Закключение

1. В результате изучения морфологических и хозяйственно-ценных признаков двух видов маклеи было установлено, что маклея сердцевидная отличается наибольшей высотой растений (300-350 см), количеством пальчато-лопастных листьев светло-зеленого цвета и их площадью. Высота растений маклеи кьюсской может достигать 200-250 см, листья растения темно-зеленые, рассеченные, обратно-яйцевидной формы. У обоих видов соцветие – метелка, только у маклеи сердцевидной завязываются полноценные семена. Урожайность маклеи кьюсской на 35-40% ниже, чем маклеи сердцевидной.

видной, однако содержание алкалоидов в ее сырье в 9-10 раз выше и составляет 0,98-1,04 % против 0,162-0,164 %.

2. Установлена зависимость роста, развития и урожайности двух видов маклеи от метеорологических условий вегетационного периода. В условиях недостаточного водообеспечения и высоких температур наблюдается снижение высоты растений, количества листьев, площади листовой поверхности и урожайности на первом и втором годах вегетации.

3. Показано, что при засушливых погодных условиях у маклеи сердцевидной наименьшие потери урожая: на первом году вегетации 14%, на втором – 6%, а у маклеи кьюсской – 21 и 12% соответственно. Это связано не только с высотой растений, но и со строением корневой системы: корни маклеи кьюсской располагаются на глубине 20-25 см, распространяясь горизонтально на расстоянии 50-60 см от основного растения, у маклеи сердцевидной они вертикальные, уходящие на глубину 50 и более см, что позволяет растениям потреблять воду из более глубоких слоев почвы.

4. Некорневые обработки гуминовым удобрением Нормат Л и железосодержащим микроудобрением Феровит способствовали повышению адаптации растений двух видов маклеи к абиотическим условиям. Наибольшая эффективность наблюдалась при применении баковой смеси Нормат Л и Феровита, где потери урожая составили на первом году вегетации от не более 2%, на втором году вегетации наблюдалось повышение урожайности на 7-11% и увеличение сбора алкалоидов с гектара на 14-18%.

5. Использование комплекса Нормат Л и Феровита при возделывании маклеи сердцевидной и маклеи кьюсской позволяет независимо от погодных условий получать значительные прибавки урожая лекарственного сырья и выхода целевых действующих веществ с гектара.

Об авторах:

Ольга Алексеевна Быкова – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>, автор для переписки, krasnodarvilar@gmail.com
Рамазан Нурбиевич Тхаганов – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7127-7320>
Виталий Рамазанович Тхаганов – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-0518-354X>
Александр Иванович Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора ФГБНУ ВИЛАР

About the Authors:

Olga A. Bykova – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>, Correspondence Author, krasnodarvilar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>
Ramazan N. Thaganov – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7127-7320>
Vitaly R. Thaganov – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-0518-354X>
Aleksandr I. Morozov – Doc. Sci. (Agriculture), Deputy Director of VILAR

• Литература

1. Вичканова С.А., Фатеева Т.В. и др. Сангвиритрин «One Book.ru». М., 2015. 164 с.
2. Барсуков А.А., Аболянц Р.К., Истратов Л.П. и др. Сангвикол – новая лекарственная форма сангвиритрина. *Фармация*. 2002;51(4):27-29.
3. Фисинин В.И., Егоров И.А., Андрианова Е.Н., Друзь Е.А., Фельдман Н.Б., Луценко С.В., Луценко Е.В. Эффективность антимикробного нано-комплекса на основе алкалоидов из маклейи сердцевидной при выращивании цыплят-бройлеров. *Сельскохозяйственная биология*. 2009;44(4):26-30. EDN KVCZHH.
4. Xue G. D., Wu S. B., Choct M. et al. Impact of a *Macleaya cordata*—derived alkaloid extract on necrotic enteritis in broilers. *Poultry Science*. June 2017;96(10). DOI:10.3382/ps/pex164.
5. Kantas D., Paratsiros V.G., Tassis P.D. The effect of natural feed additive (*Macleaya cordata*), containing sanguinarine, on the performance and health status of weaning pigs. *Animal Science Journal*. 2015;(86):92-98. DOI: 10.1111/asj.12240P.
6. Быкова О.А., Сидельников Н.И., Тхаганов Р.Н., Тхаганов В.Р. Способы размножения и биопроductивность маклейи кьюской (*Macleaya x kevensis* Turill) в Западном Предкавказье. *Овощи России*. 2022;(2):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-44-49>. EDN VCJGVA.
7. Сидельников Н.И., Быкова О.А., Тхаганов Р.Р., Аникина А.Ю. Приемы повышения урожайности маклейи в условиях Западного Предкавказья. *Труды Кубанского аграрного университета*. 2022;(96):207-211. DOI: 10.21515/1999-1703-96-207-211. EDN AAPXSQ.
8. Яхтаннигова Ж.М., Кулешова И.В., Афанасьев А.В., Сидельников В.И. Возделывание маклейи в Белгородской области. *Новые технологии*. 2022;18(2):133-140. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-133-141>. EDN KOBXXA.
9. Никифорова О.И., Сетин В.Н., Загорянский А.Н., Сергеев М.С., Быстрова Е.Д. Влияние метеорологических условий на фенологию и технические характеристики календулы *Calendula officinalis* сорта Райский Сад в условиях Среднего Поволжья. *Экосистемы*. 2021;(27):146-152.
10. Тхаганов Р.Р., Морозов А.И., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Н. Абиотические стрессы и пути их преодоления на тысячелистнике обыкновенном (*Achillea millefolium* L.) в условиях Западного Предкавказья. *Овощи России*. 2022;(6):66-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-66-71>. EDN MMFMMP.
11. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами. Лекарственное растениеводство: Обзорная информация. М.: ЦБНТИмедпром, 1981. Вып.1. 55 с.
12. Руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2018. 220 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
14. Богомазов С.В., Симонян М.А., Ткачук О.А., Павликова Е.В. Фотосинтетический потенциал и урожайность агроценозов яровой пшеницы в зависимости от систем основной обработки почвы и гуминовых удобрений. *Нива Поволжья*. 2017;4(45):23-29. EDN ZTIEHV.
15. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Ковалев Н.И. Экзогенное регулирование адаптивности зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.) к засушливым погодным условиям // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы XII международного симпозиума. М. РУДН. 2017. С. 239-241.

• References

1. Vichkanova S.A., Fateeva T.V., et al. Sanguiritrin "One Book.ru." M., 2015. 164 p. (In Russ.)
2. Barsukov A.A., Aboyants R.K., Istranov L.P., Istranova E.V., Chernova S.V. and other/ Sangvicol is a new medicinal form of sangviritrin. *Pharmacy*. 2002;51(4):27-29. (In Russ.)
3. Fisinin V.I., Egorov I.A., Andrianova E.N., Druz' E.A., Fel'dman N.B., Lutsenko S.V., Lutsenko E.V. Effectiveness of antimicrobial nanocomplex on the basis of alkaloids from macleaya during growing of broiler- chicken. *Agricultural Biology*. 2009;44(4):26-30. EDN KVCZHH. (In Russ.)
4. Xue G. D., Wu S. B., Choct M. et al. Impact of a *Macleaya cordata*—derived alkaloid extract on necrotic enteritis in broilers. *Poultry Science*. June 2017;96(10). DOI:10.3382/ps/pex164.
5. Kantas D., Paratsiros V.G., Tassis P.D. The effect of natural feed additive (*Macleaya cordata*), containing sanguinarine, on the performance and health status of weaning pigs. *Animal Science Journal*. 2015;(86):92-98. DOI: 10.1111/asj.12240P.
6. Bykova O.A., Sidelnikov N.I., Thaganov R.N., Thaganov V.R. Reproduction methods and bioproductivity of *Macleaya x kevensis* Turill in the Western Caucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):44-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-44-49>. EDN VCJGVA.
7. Sidelnikov N.I., Bykova O.A., Thaganov R.R., Anikina A.Yu. Methods of increasing the maclea yield in the conditions of Western Caucasus. *Works of the Kuban State Agrarian University*. 2022;(96):207-211. (In Russ.) DOI: 10.21515/1999-1703-96-207-211. EDN AAPXSQ.
8. Yakhtanigova Zh.M., Kuleshova I.V., Afanasyev A.V., Sidelnikov V.I. Cultivation of *Macleaya* in the Belgorod region. *New Technologies*. 2022;18(2):133-141. (In Russ.). <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-2-133-141>. EDN KOBXXA.
9. Nikiforova O.I., Setin V.N., Zagoryansky A.N., Sergeev M.S., Bystrova E.D., Influence of meteorological conditions on the phenology and technical characteristics of *Calendula officinalis* of the 'Paradise Garden' variety in the conditions of the Middle Volga region. *Ekosistemy*. 2021;(27):146-152. (In Russ.).
10. Tkhanov R.R., Morozov A.I., Tropina N.S., Tkhanov R.N. Abiotic stresses and ways to overcome them on *Achillea millefolium* L. in conditions of the Western Precaucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-66-71>. EDN MMFMMP.
11. Conducting field experiments with medicinal cultures. M.: VILAR. 1981 45 p. (In Russ.)
12. Manual for registration tests of agrochemicals in agriculture: production and practical edition. - M.: Federal State Budgetary Institution "Rosinformagrotech." 2018. 220 p.
13. Dospikhov B.A. Field experience methodology with the basics of statistical processing of research results. Ed. 6th, erased., Repech. since 5th ed. 1985. Moscow: Alliance, 2011. 350 p. (In Russ.)
14. Bogomazov S.V., Simonyan M.A., Tkachuk O.A., Pavlikova E.V. Photosynthetic potential and yield productivity of agroecosystem of spring wheat depending on system of the primary soil tillage and humic fertilizers. *Niva Povolzhya*. 2017;4(45):23-29. EDN ZTIEHV. (In Russ.)
15. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Kovalev N.I. Exogenous regulation of the adaptability of the (*Lycopus europaeus* L.) to arid weather conditions. New and unconventional plants and prospects for their use: Materials of the XII international symposium. M. RUDN. 2017. P. 239-241. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-82-86>
УДК 635.611:631.526.32-048.24

Е.А. Варивода¹, В.Э. Лазько²,
Э.У. Тайшибаева³

¹ Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" 404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зеленый, ул. Сиреневая, д. 11

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» (ФГБНУ ФНЦ риса) 350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

³ Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-он, п. Бекболат

*Автор для переписки: elena-varivoda@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Варивода Е.А., Лазько В.Э., Тайшибаева Э.У. Экологическое испытание сортов дыни селекции Быковской опытной станции. *Овощи России*. 2023;(4):82-86. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-82-86>

Поступила в редакцию: 11.05.2023

Принята к печати: 07.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Elena A. Varivoda¹*, Viktor E. Lazko²,
Elvira U. Taishibaeva³

¹ Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" (BCBES – branch of the FSBSI FSVC) 11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Rice" 3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

³ Kazakh Research Institute of Horticulture Bekbolat settlement, Karasai district, Almaty region, Republic of Kazakhstan

* Corresponding Author: elena-varivoda@mail.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Varivoda E.A., Lazko V.E., Taishibaeva E.U. Ecological testing of melon varieties bred at the Bykovskaya Experimental Station. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):82-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-82-86>

Received: 11.05.2023

Accepted for publication: 07.06.2023

Published: 05.07.2023

Экологическое испытание сортов дыни селекции Быковской опытной станции



Резюме

В настоящее время, в связи с изменяющимися погодными условиями выращивание бахчевых культур смещается в районы, ранее не занимающиеся бахчеводством. Поэтому испытание имеющихся сортов в различных экологических условиях носит актуальный характер. Целью данной работы является проведение оценки сортов дыни селекции Быковской бахчевой селекционной опытной станции в различных почвенно-климатических условиях. В качестве объекта исследований использовали три сорта дыни. Испытания проводили в условиях Волгоградской области, Краснодарского края и республики Казахстан. Во время исследований проводили оценку сортов дыни по следующим показателям: урожайность, продолжительность вегетационного периода, содержание сухого вещества.

В результате исследований выявлено, что по продолжительности вегетационного периода наиболее стабильным был сорт дыни Гармония (75-79 суток). Стабильно высокое содержание сухого вещества во всех зонах исследования было у сортов Комета и Идиллия от 12,0 до 15,0%. Все сорта отличались хорошей дегустационной оценкой. Средняя масса плодов у всех сортов дыни, выращенных в Краснодаре и Волгоградской области была на одном уровне. Высокой средней массой в условиях Казахстана отличился сорт Идиллия – 4,3 кг. Стабильно высокой урожайностью во всех трех зонах обладают сорта дыни Гармония и Идиллия. У сорта Комета наибольшая урожайность отмечена в условиях Казахстана – 16,3 т/га. Таким образом, сорта дыни, прошедшие испытание в различных регионах возделывания, имеют высокие качественные показатели и урожайность и пригодны для выращивания товарной продукции в регионах исследования.

Ключевые слова: дыня, пластичность, сорта, исследования, урожайность, качество, сухого вещества

Ecological testing of melon varieties bred at the Bykovskaya Experimental Station

Abstract

Relevance and methodology. Currently, due to changing weather conditions, the cultivation of melons and gourds is shifting to areas that were not previously engaged in melon growing. Therefore, the testing of available varieties in various environmental conditions is relevant. The purpose of this work is to evaluate melon varieties bred at the Bykovskaya melon breeding experimental station in various soil and climatic conditions. Three varieties of melon were used as the object of research. The tests were carried out in the conditions of the Volgograd region, the Krasnodar region and the Republic of Kazakhstan. During the research, the melon varieties were evaluated according to the following indicators: yield, duration of the growing season, dry matter content.

Results. As a result of the research, it was revealed that the variety Harmonia was the most stable in terms of the duration of the growing season (75-79 days). A consistently high content of dry matter in all areas of the study was in the varieties Comet and Idyll from 12.0 to 15.0%. All varieties had a good tasting score. The average fruit weight of all melon varieties grown in Krasnodar and the Volgograd region was at the same level. The high average weight in the conditions of Kazakhstan was distinguished by the Idyll variety - 4.3 kg. The melon varieties Harmoniya and Idyllia have a consistently high yield in all three zones. The variety Kometa had the highest yield in the conditions of Kazakhstan - 16.3 t/ha. Thus, melon varieties that have been tested in different regions of cultivation have high quality indicators and yields and are suitable for growing marketable products in the regions of the study.

Keywords: melon, plasticity, varieties, research, yield, quality, dry matter

Введение

В связи с глобальным потеплением и изменением климатических условий возникла возможность расширить районирование уже созданных сортов в других регионах РФ и в странах СНГ. Поэтому одним из важнейших вопросов современной селекции сельскохозяйственных культур является способность к адаптации создаваемых сортов к различным природно-климатическим зонам, взаимодействие между генотипом растений и комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды, ведь реакция каждого генотипа в меняющихся внешних условиях индивидуальна и различна. При правильном определении взаимоотношений между генотипом и средой возможно создание высокопродуктивных, адаптированных форм, сортов и реализация их потенциальной урожайности. В последние годы пристальное внимание уделяют сортам с широкой агроэкологической адаптацией, стабильной потенциальной урожайностью и высоким качеством продукции. Оценка экологической адаптивности сортов на современном этапе селекции занимает одно из приоритетных направлений [1].

Дыня, как и все бахчевые культуры является теплолюбивой культурой. Оптимальными температурами для ее выращивания являются 25...30°C. Сумма эффективных температур для нормального цикла развития варьирует от 2200 до 2500°C [2]. Дыня плохо реагирует на резкие изменения температуры, снижается не только урожай, но и его качество [3,4]. Именно поэтому наиболее качественные показатели имеют плоды, выращенные в южных регионах РФ и странах Азии. Климатические условия зон выращивания бахчевых культур в основном характеризуются жарким и засушливым летним периодом и получение высоких товарных урожаев в этих условиях во многом зависит от высокого уровня агротехники, наличия орошения, а также важно правильно подобрать районированные сорта, адаптированные к таким условиям [5,6].

В зависимости от агроклиматических зон возделывания и местных предпочтений дыня демонстрирует существенную изменчивость по фенотипическим и биохимическим признакам [7,8]. Для использования в товарном производстве сортов дыни в разных эколого-географических зонах требуется тщательное изучение влияния климатических и почвенных условий на качественные и количественные показатели сортов. Изучение этого влияния происходит при проведении экологического испытания сортов в различных зонах выращивания. Экологическое испытание позволяет дифференцировать сорта по реакции на агрофон и адресно использовать их в производстве. Это позволит получать устойчивые и гарантированные урожаи без потерь от биотических и абиотических факторов внешней среды и дополнительных затрат на интенсификацию технологии выращивания [9].

Цель исследований - выявления адаптивности к различным эколого-климатическим условиям сортов дыни селекции Быковской опытной станции.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлись три сорта дыни селекции Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ «Федеральный научный

центр овощеводства». Исследования проводились в условиях:

- Республики Казахстан – Казахским научно-исследовательским институтом плодовоовощеводства, место нахождения – предгорная зона юго-востока Казахстана (Алматинская область);

- Краснодарского края – ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», место нахождения – центральная зона Краснодарского края;

- Волгоградской области – Быковская БСОС – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», место нахождения – Волгоградское Заволжье.

Климатические условия зон исследования

Климат предгорной зоны юго-востока Казахстана является резко-континентальным. Средняя температура июля 22...24°C, января -6...-10°C. Устойчивый переход температуры воздуха через 0°C весной происходит в конце II – начале III декады марта, осенью – в конце I – начале III декады ноября. Сумма положительных температур составляет 3450-3750°C, а сумма температур за период вегетации выше 100C колеблется в пределах 3100-3400°C. Весенние заморозки в регионе прекращаются в III декаде апреля, осенние возобновляются в III декаде сентября или в начале октября. Продолжительность безморозного периода составляет 140-170 дней. Годовое количество осадков равно 350-600 мм. Из них за теплый период выпадает 120-300 мм. Устойчивый снежный покров образуется в конце ноября – начале декабря и лежит 85-100 дней. Высота снежного покрова достигает 20-35 см. Почва опытного стационара РФ «Кайнар» темно-каштановая, по механическому составу среднесуглинистая, имеет полноразвитый профиль, ясно дифференцированный на генетические горизонты. В пахотном слое почвы содержится 2,9-3,0% гумуса; 0,18-0,20% общего азота; 0,19-0,20% валового фосфора. Почва участка среднеобеспечена подвижными формами элементов питания. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое составляет 30-40 мг/кг почвы, обменного калия 350-390 мг/кг. Сумма поглощенных оснований (емкость катионного обмена) – 20-21 мг-экв. на 100 г почвы

Климат центральной зоны Краснодарского края умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением (ГТК-0,7...1,2). За теплый период года (апрель – октябрь) выпадает осадков – 334...360 мм. Лето наступает рано – в мае и характеризуется быстрым нарастанием высоких температур, часто сухое и жаркое. Максимальная температура в июле-августе поднимается до 40...42°C. Сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период составляет 3400–3600°C. Почва – выщелоченный слистой чернозем. В пахотном горизонте содержится 3,5...4,6 % гумуса, 15...20 мг P₂O₅, 20...30 мг K₂O и сумма поглощенных оснований – 39 мг-экв. на 100 г воздушно сухой почвы. После выпадения осадков пахотный горизонт склонен к заплыванию и образованию корки.

В Волгоградском Заволжье климат континентальный с жарким засушливым летом. Абсолютный максимум температуры воздуха в летний период достигает 38...44°C. Сумма среднесуточных температур выше 10°C – 2900...3150. В теплый период осадков выпада-

ет 250...300 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,50...0,55. Почвы светло-каштановые, супесчаные, лёгкие по гранулометрическому составу. Обладают высокой водопроницаемостью, способны улавливать незначительные осадки. Содержание общего азота 0,12...0,15 %, общего фосфора 0,07-0,09%, обменного калия – 120-180 мг/кг. Содержание гумуса – до 1,1%.

Опыты закладывались согласно методическим указаниям [10,11,12]. Во время вегетации проводились все соответствующие наблюдения и учеты.

Результаты исследований и их обсуждение

Погодные условия в период вегетации складывались следующим образом (рис. 1 и рис. 2).

Самая высокая среднесуточная температура воздуха во время периода вегетации была в третьей декаде июня в Волгоградской области +29,2°C. Температура

более 28,0°C наблюдалась во второй декаде июля и первой декаде августа в Волгоградской области и Краснодаре, в Казахстане – в третьей декаде июля.

По количеству осадков за вегетационный период лидирует Краснодар, сумма осадков составила 445 мм. Меньше всего осадков выпало в Республике Казахстан – 183,2 мм. В Волгоградской области и в Республике Казахстан осадки неравномерно распределялись во время роста и развития растений, основное количество осадков выпало в первой половине вегетации. Высокие температуры воздуха в конце июня, в июле и в августе с практически полным отсутствием осадков в Волгоградской области отрицательно сказалось на урожайности плодов дыни.

Сортовой сортимент дыни, как у производителей Российской Федерации, так и в Республике Казахстан требует постоянного обновления и расширения.

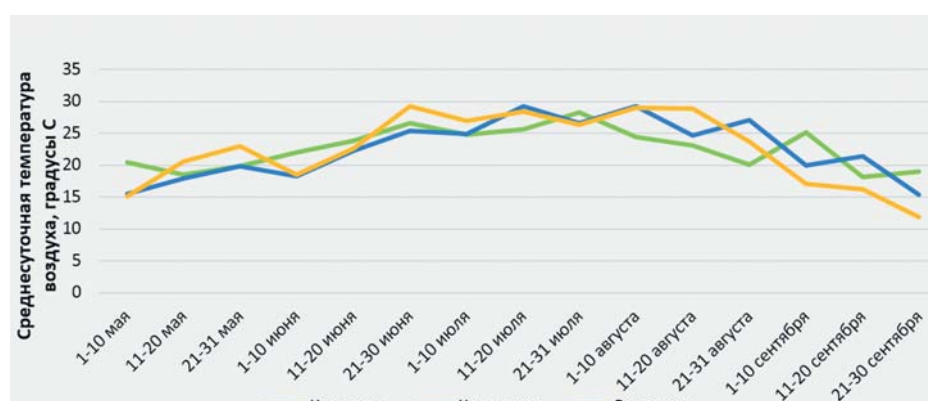


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха в зонах исследования по декадам вегетационного периода
Fig. 1. Average daily air temperature in the study areas by decades of the growing season

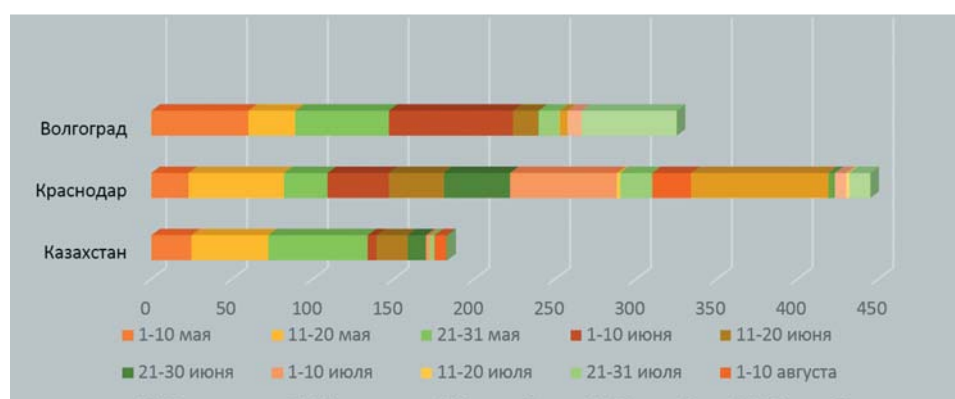


Рис. 2. Сумма осадков за вегетационный период, мм
Fig. 2. The amount of precipitation for the growing season, mm



Рис. 3. Продолжительность вегетационного периода сортов дыни на экологическом испытании
Fig. 3. Duration of the growing season of melon varieties in an ecological test

Таблица 1. Краткая характеристика сортов дыни по основным хозяйственным признакам
Table 1. Brief description of melon varieties according to the main economic features

Сорт	Средняя масса товарного плода, кг	Товарность плодов, %	Содержание сухого вещества, %	Дегустационная оценка, балл
Казахстан (КазНИИПО)				
Комета	1,5	96,3	12,0	4,8
Гармония	1,5	94,0	13,0	4,4
Идиллия	4,3	95,4	15,0	5,0
Краснодар (ФГБНУ ФНЦ риса)				
Комета	2,8	80	13,2	4,0
Гармония	2,6	85	8,3	4,0
Идиллия	2,9	90	14,3	5,0
Волгоградская область (Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО)				
Комета	2,2	80	13,2	4,5
Гармония	2,4	85	14,6	4,8
Идиллия	2,6	90	14,6	5,0
НСР ₀₅	0,96		1,1	

Поэтому перед селекционерами и семеноводами стоит задача выявления новых сортов дыни, отвечающих требованиям мировых стандартов [13, 14].

Для определения пригодности выращивания сортов дыни селекции Быковской опытной станции в других регионах, отличающихся по почвенно-климатическим условиям, проводили оценку по продолжительности вегетационного периода, качественным показателям и урожайности.

По продолжительности вегетационного периода только сорт дыни Гармония имеет несущественную разницу во всех трех регионах исследования. Сорт Комета в условиях республики Казахстан созрел на 13-18 суток позже, чем в Волгоградской области и в Краснодаре, что обусловлено поздним завязыванием плодов из-за погодных условий. Продолжительность периода вегетации у сорта Идиллия была на 9-11 суток короче в республике Казахстан.

(сорт Идиллия, Казахстан). Все испытываемые сорта имеют очень высокую дегустационную оценку – от 4,0 до 5,0 баллов. Наиболее высокая товарность плодов дыни у всех сортов была в Республике Казахстан – от 94,0 до 96,3%. В Волгоградской области и Краснодарском крае товарность плодов составляла 80-90%.

Важнейшим показателем при экологической оценке сортов является продуктивность [15].

Из оценки проведенных исследований мы видим, что наиболее стабильной урожайностью во всех трех зонах обладают сорта дыни Гармония и Идиллия. Сорт дыни Комета оказался наиболее подвержен влиянию неблагоприятных факторов среды при выращивании в условиях Краснодарского края и Волгоградской области. В условиях Казахстана сорт Комета показал очень хороший результат.



Рис. 4. Урожайность сортов дыни в различных эколого-географических зонах
Fig. 4. Productivity of melon varieties in various ecological and geographical zones

Анализируя показатели таблицы 1, видим, что в Республике Казахстан по всем показателям выделился сорт Идиллия. Средняя масса плодов у всех сортов дыни, выращенных в Краснодаре и Волгоградской области, была на одном уровне. Показатели сухого вещества в плодах дыни составляли от 8,3% (сорт Гармония, Краснодар) до 15,0%

Выводы

Исходя из проведенных исследований, можно сказать, что исследуемые сорта дыни селекции Быковской опытной станции хорошо адаптируются к различным почвенно-климатическим условиям выращивания и способны внести разнообразие в сортимент дыни как Российской Федерации, так и Республики Казахстан.

Об авторах:

Елена Александровна Варивода – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595, автор для переписки, elena-varivoda@mail.ru
Виктор Эдуардович Лазько – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>, lazko62@mail.ru
Эльвира Узаконна Тайшибаева – научный сотрудник отдела селекции овощебахчевых культур КазНИИПО РФ «Кайнар», elvira701@mail.ru

About the Authors:

Elena A. Varivoda – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595, Correspondence Author, elena-varivoda@mail.ru
Viktor E. Lazko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Melon and Onion Crops, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>, lazko62@mail.ru
Elvira U. Taishibaeva – Researcher of the Vegetable and Gourd Breeding Department, elvira701@mail.ru

• Литература

1. Елисеєва Н.А., Костанчук Ю.Н. Влияние температурного фактора на продолжительность межфазных периодов дыни. *Таверический вестник аграрной науки*. 2021;4(28):82-91. DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-82-91. EDN HQTIDG.
2. Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С., Кобкова Н.В. Эффективность способов применения регуляторов роста и жидкого органоминерального удобрения в выращивании товарной и семенной продукции дыни в условиях Степного Заволжья. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2021;4(91):157-162. DOI: 10.21515/1999-1703-91-157-162. EDN MECJKO.
3. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Оценка адаптивной способности и стабильности сортов и гибридов овощных культур. В кн.: Методические указания по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте, часть II. М., 1985. С. 43–53.
4. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update. *Scientia Horticulturae*. 2021;(282):45-47. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110045>
5. Юсупова Л.А., Ховрин А.Н., Котлярова О.В. Экологическое сортоиспытание моркови столовой селекции ФГБНУ ФНЦО в условиях юга Ростовской области. *Овощи России*. 2022;(5):63-67. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-63-67>. EDN PAGPSI.
6. Кобкова Н.В., Шапошников Д.С., Галичкина Е.А. Влияние регуляторов роста на выход семян в семеноводстве дыни. *Картофель и овощи*. 2021;(8):38. doi.org/10.25630/PAV.2021.77.20.007. EDN XBXNDE.
7. Суслова В.А., Корнилова М.С., Рябчикова Н.Б. Влияние погодных условий на урожайность и биохимический состав плодов дыни в Волгоградском Заволжье. *Овощи России*. 2022;(3):39-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-39-43>. EDN YNHBII.
8. Лазько В.Э., Варивода Е.А., Якимова О.В., Ковалева Е.В., Масленникова Е.С. Адаптивная способность сортов дыни отечественной селекции к различным агроэкологическим зонам. *Рисководство*. 2022.(1):53-58. DOI 10.33775/1684-2464-2022-54-1-53-58. EDN YGWLMI.
9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
10. Шмаль В.В. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. М., 2005. 119 с.
11. Лудилев В.А., Быковский Ю.А. Апробация бахчевых культур: справочное пособие. М., 2007. 181 с.
12. Цыбулевский Н.И. Бахчевые культуры. Рекомендации. Краснодар. 2009. 35 с.
13. Умбеттаев И., Махмаджанов С. Высокоурожайные сорта дынь на юге Казахстана. *Наука и мир*. 2015;(19):162-163. EDN TMNGBN.
14. Корнилова М.С., Курунина Д.П., Варивода Г.В. Создание конкурентоспособных сортов дыни и тыквы с ценными хозяйственными признаками. *Овощи России*. 2021;(6):36-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-36-41>. EDN TMSUZO.
15. Лазько В.Э., Варивода Е.А., Якимова О.В., Ковалева Е.В., Бочерова И.Н., Ковалев Р.К. Экологическое испытание сортов арбуза волгоградской и краснодарской селекции в разных зонах юга России. *Овощи России*. 2022;(4):17-22. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-17-22>. EDN EETZAC.

• References

1. Eliseeva N.A., Kostanchuk Yu.N. Effect of temperature factor on the duration of interphase periods of melon plants. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;4(28):82-91. (In Russ.) DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-82-91. EDN HQTIDG.
2. Koleboshina T.G., Shaposhnikov D.S., Kobkova N.V. Efficiency of methods of application of growth regulators and liquid organomineral fertilizer in cultivation of commercial and seed products of melon in conditions of the Steppe Volga. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;4(91):157-162. DOI: 10.21515/1999-1703-91-157-162. EDN MECJKO.
3. Kilchevskiy A.V., Khotyleva L.V. Evaluation of the adaptive capacity and stability of varieties and hybrids of vegetable crops. In the book: Guidelines for the ecological testing of vegetable crops in open ground, part II. M., 1985. P. 43–53. (In Russ.)
4. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update. *Scientia Horticulturae*. 2021;(282):45-47. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110045>
5. Yusupova L.A., Khovrin A.N., Kotlyarova O.V. Ecological study of carrots of the canteen selection of the Federal scientific vegetable center in the conditions of the south of the Rostov region. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(5):63-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-63-67>. EDN PAGPSI.
6. Kobkova N.V., Shaposhnikov D.S., Galichkina E.A. Influence of growth regulators on seed output in melon seed breeding. *Potato and vegetables*. 2021;(8):38. doi.org/10.25630/PAV.2021.77.20.007. EDN XBXNDE. (In Russ.)
7. Suslova V.A., Kornilova V.S., Ryabchikova N.B. The influence of weather conditions on the yield and biochemical composition of melon fruits in the Volgograd Trans-Volga region. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):39-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-39-43>. EDN YNHBII.
8. Lazko V.E., Yakimova O.V., Lukomets S.G., Blagorodova E.N. Agroecological tests of varieties and promising lines of winter garlic of ARRII breeding in various soil and climatic zones of Krasnodar Region. *Rice Growing*. 2022.(1):53-58. DOI 10.33775/1684-2464-2022-54-1-53-58. EDN YGWLMI. (In Russ.)
9. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M. 2011. 649 p. (In Russ.)
10. Shmal V.V. Methodology for testing for distinctness, uniformity and stability. M., 2005: 119 p. (In Russ.)
11. Ludilov V.A., Bykovsky Yu.A. Approbation of gourds: a reference guide. M., 2007. 181 p. (In Russ.)
12. Tsybulevsky N.I. Gourd cultures. Recommendations. Krasnodar. 2009. 35 p. (In Russ.)
13. Umbetaev I., Makhmadzhanov S. High-yielding sorts of melons in the south of Kazakhstan. *Science and world*. 2015;(19):162-163. EDN TMNGBN. (In Russ.)
14. Kornilova M.S., Kurunina D.P., Varivoda G.V. Creation of competitive varieties of melon and pumpkin with valuable economic trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(6):36-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-36-41>. EDN TMSUZO.
15. Lazko V.E., Varivoda E.A., Yakimova O.V., Kovaleva E.V., Bocherova I.N., Kovalev R.K. Ecological testing of Volgograd and Krasnodar variety of watermelon breeding in different zones of the south of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):17-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-17-22>. EDN EETZAC.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-87-91>
УДК 635.615:631.81.095.337

Е.А. Галичкина¹, С.М. Надежкин^{2*},
Д.А. Макаренко³

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" 404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11

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

³НИИ «Курчатовский институт» – ИРЕА 107076, Россия, Москва, ул. Богородский Вал, 3

*Автор для переписки: nadegs@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Галичкина Е.А., Надежкин С.М., Макаренко Д.А. Использование водорастворимых микроудобрений для выращивания арбуза столового сорта Метеор. *Овощи России*. 2023;(4):87-91. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-87-91>

Поступила в редакцию: 19.05.2023

Принята к печати: 15.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Elena A. Galichkina¹, Sergey M. Nadezhkin^{2*},
Dmitry A. Makarenko³

¹Bykovskaya melon breeding experimental station - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" 404067, Russia, Volgograd region, Bykovsky district, Zeleny settlement, st. Lilac, 11

¹Bykovskaya cucurbits breeding experimental station - branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" (BCBES - branch of the FSBSI FSVS) 11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

²Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Vegetable Center (FSBSI FSVS) 14, Selytsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

³NRC «Kurchatov Institute» – IREA 3, st. Bogorodsky Val, Moscow, 107076, Russia

*Corresponding Author: nadegs@yandex.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Galichkina E.A., Nadezhkin S.M., Makarenko D.A. Use of water-soluble microfertilizers for growing meteor table variety watermelon. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):87-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-87-91>

Received: 19.05.2023

Accepted for publication: 15.06.2023

Published: 05.07.2023

Использование водорастворимых микроудобрений для выращивания арбуза столового сорта Метеор



Резюме

Актуальность. В связи с внедрением в производство различных видов хелатных микроудобрений необходимо разрабатывать новые элементы сортовой технологии возделывания бахчевых культур для получения стабильных урожаев в засушливых условиях Волгоградского Заволжья. Эти исследования будут актуальными в данный период времени.

Материал и методика. Объект исследований – арбуз, сорт Метеор. Изучали виды и способы применения хелатных микроудобрений: Хелатон Экстра, Хелат В, Хелат Fe. Удобрения применяли для замачивания семян перед посевом и для foliarной обработки растений во время вегетации.

Результаты. В период исследований 2019-2021 года были изучены новые формы микроудобрений. В результате проведенных исследований, новые препараты для разных способов обработок оказали положительное воздействие на рост и развитие растений арбуза столового. Проведенная оценка полученных результатов показала положительное действие, оказанное новыми микроудобрениями, на энергию прорастания и всхожесть семян. Максимальное нарастание плетей было зафиксировано при замачивании семян перед посевом: препаратом Хелатон Экстра и некорневой подкормке растений в период вегетации микроудобрением хелат бор. Наилучшие результаты увеличения листовой поверхности были получены в вариантах с применением микроудобрения Хелатон Экстра для замачивания семян и обработки растений по вегетативным органам. Соответственно самая максимальная урожайность получилась при применении удобрения Хелатон Экстра для обработки семян перед посевом и опрыскивания растений во время вегетации. Выход товарной продукции отмечен на достаточно высоком уровне. Средняя масса плода во всех исследуемых вариантах варьировалась от 5,9 кг до 7,8 кг. Длина вегетационного периода во всех вариантах увеличилась незначительно. Сравнительный анализ ростовых процессов и урожайности арбуза сорта Метеор при применении новых форм водорастворимых удобрений для замачивания семян и foliarной обработки растений показал большую эффективность от их применения.

Ключевые слова: сорт, арбуз, водорастворимые удобрения, микроудобрения, урожайность, ростовые процессы, площадь листовой поверхности, вегетационный период

Use of water-soluble microfertilizers for growing meteor table variety watermelon

Abstract

Relevance. In connection with the introduction of various types of chelated microfertilizers into production, it is necessary to develop new elements of varietal technology for the cultivation of melons and gourds in order to obtain stable yields in the arid conditions of the Volgograd Trans-Volga region. These studies will be relevant in this period of time.

Material and technique. The object of research is watermelon, variety Meteor. We studied the types and methods of using chelate microfertilizers: Helaton Extra, Chelate B, Chelate Fe. Fertilizers were used for soaking seeds before sowing and for foliar treatment of plants during the growing season.

Results. During the research period of 2019-2021, new forms of microfertilizers were studied. As a result of the research, new preparations for different methods of processing had a positive effect on the growth and development of table watermelon plants. The evaluation of the results obtained showed a positive effect of new microfertilizers on the germination energy and seed germination. The maximum growth of lashes was recorded when seeds were soaked before sowing: Helaton Extra preparation and foliar feeding of plants during the growing season with microfertilizer boron chelate. The best results of increasing the leaf surface were obtained in variants with the use of Helaton Extra microfertilizer for soaking seeds and treating plants on vegetative organs. Accordingly, the highest yield was obtained when using Helaton Extra fertilizer for seed treatment before sowing and spraying plants during the growing season. The output of marketable products was noted at a fairly high level. The average weight of the fetus in all studied variants ranged from 5.9 kg to 7.8 kg. The length of the growing season in all variants increased slightly. Comparative analysis of growth processes and productivity of watermelon variety Meteor when using new forms of water-soluble fertilizers for seed soaking and foliar treatment of plants showed greater efficiency from their use.

Keywords: variety, watermelon, water-soluble fertilizers, microfertilizers, productivity, growth processes, leaf surface area, growing season

Введение

Российский овощной рынок в настоящее время заметно меняется. По данным Федеральной таможенной службы России в страну ввозится почти в половину меньше импортных овощей, чем в прошлые годы. Причиной довольно резкого падения объёмов ввоза стало активное импортозамещение зарубежного продовольствия [1].

Уровень производства валовой овощебахчевой продукции в России находится ниже значений для обеспечения нормы ее потребления, рекомендованные ВОЗ, что напрямую зависит от урожайности, которая остается на достаточно низком уровне [2]. Для решения задачи импортозамещения требуются научные разработки по совершенствованию технологии возделывания арбуза столового в засушливых условиях, обеспечивающих получение стабильных урожаев с высоким качеством плодов.

Ранее проведенными исследованиями определены оптимальные агротехнические приемы выращивания данной продукции [3,4].

В засушливых условиях сухостепной зоны Волгоградского Заволжья стабильные и высокие урожаи можно получить только при правильном подходе к технологии возделывания бахчевых культур [5,6,7,8]. Одним из перспективных приемов является применение микроудобрений при выращивании бахчевых культур.

Важную роль в жизни растений играют микроэлементы, дефицит их в почве наблюдается реже, чем азота, фосфора и калия. Недостаток любого микроэлемента отражается на внешнем виде растений, влияет на интенсивность протекания метаболических процессов, снижает продуктивность и качество продукции [9].

При обычном внесении удобрений в почву, растениями усваивается лишь 30-40% от их объёма. Поэтому мелкокапельное разбрызгивание жидких микроудобрений на посевах обеспечивает некорневое питание сельскохозяйственных культур, происходит равномерное распределение удобрений, которым не нужно время и условия на растворение, они оседают на растения и поглощаются ими. Некорневые подкормки, усваиваются намного быстрее и эффективнее, чем корневые, а их действие становится заметным уже через 2-3 дня и длится в течение двух недель [10]. Обработку листьев питательными растворами следует проводить с обеих сторон, потому что на нижней стороне листьев поры крупнее, и они активнее впитывают макро и микроэлементы. Кроме того, опрыскивать необходимо всё растение, потому что некоторые удобрения не распространяются, то есть, куда они попадут, там и останутся. Раствор должен какое-то время находиться на листьях, чтобы они успели его впитать.

Ранее нами была установлена высокая эффективность водорастворимых удобрений Хелат Fe и Акварин овощной при выращивании арбуза столового среднего и позднего сроков созревания в богарных условиях Заволжья Волгоградской области [11].

Целью данной работы является поиск новых агротехнических приёмов и совершенствование технологии возделывания арбуза столового раннего срока созревания сорта Метеор в засушливых условиях Волгоградского Заволжья, обеспечивающих получение гарантированных урожаев.

Материалы и методика

Исследования проводили на Быковской бахчевой селекционной опытной станции, находящейся в степной зоне Волгоградской области. Период исследований – 2019-2021 годы. Объект исследований – арбуз, сорт Метеор. Площадь учетной делянки – 84 кв.м.; площадь опытной делянки – 112 кв.м. Повторность – 3-х кратная. Схема посева – 2,0 x 2,0 м. Предшественник – пар.

Схема опыта

1. Без обработок (контроль)
2. Замачивание семян в воде
3. Обработка растений водой
4. Хелатон Экстра (замачивание семян)
5. Хелатон Экстра (обработка растений)
6. Хелат В (обработка растений)
7. Хелат Fe (замачивание семян)
8. Хелат Fe (обработка растений)

Изучаемые препараты применялись для замачивания семян перед посевом и обработки растений в период вегетации. Сроки обработок: “начало плетевосстановления” и перед смыканием плетей (через две недели).

Нормы внесения удобрений:

- *замачивание семян*: Хелатон Экстра, Хелат Fe – 1 мл/л воды. Срок замачивания – 3 часа;

- *обработка растений*: Хелатон Экстра, Хелат В, Хелат Fe – 500 мл/100 л рабочего раствора. Норма рабочего раствора 300 л/га.

Характеристика изучаемых препаратов:

Хелатон Экстра: комплексное водорастворимое удобрение, состав: Fe – 0,58%; Mn – 0,77%; Co – 0,57%; Mo – 0,58%; Cu – 0,53%; Zn – 0,58%; B – 0,16%; аммиачный азот – 3,78%.

Хелат В: водорастворимое удобрение, состав: B – 9,9%; N – 4,2%.

Хелат Fe: диэтиленetriаминпента уксусной кислоты железный комплекс динатриевая соль. Массовая доля основного вещества, не менее – 17%. Водорастворимое удобрение.

В ходе исследований проводились следующие наблюдения и учёт: фенологические наблюдения, биометрические исследования, учёт урожая.

Научные исследования проводили с использованием современных приборов: термостаты, Экотест 2000 и др. В работе использовали следующие методики: Литвинов С.С. «Методика полевого опыта в овощеводстве», Белик В.Ф. «Методика полевого опыта в овощеводстве» [12,13].

Результаты и их обсуждение

Сравнительная оценка результатов исследования показала, что применение новых хелатных микроудобрений при выращивании арбуза столового является перспективным приемом в засушливых условиях Волгоградской области.

Проведенная оценка полученных результатов показала положительное действие оказанное новыми микроудобрениями на энергию прорастания семян, которая составила 75-77%, что на 8-10% больше по сравнению с контролем (замачивание семян в воде).

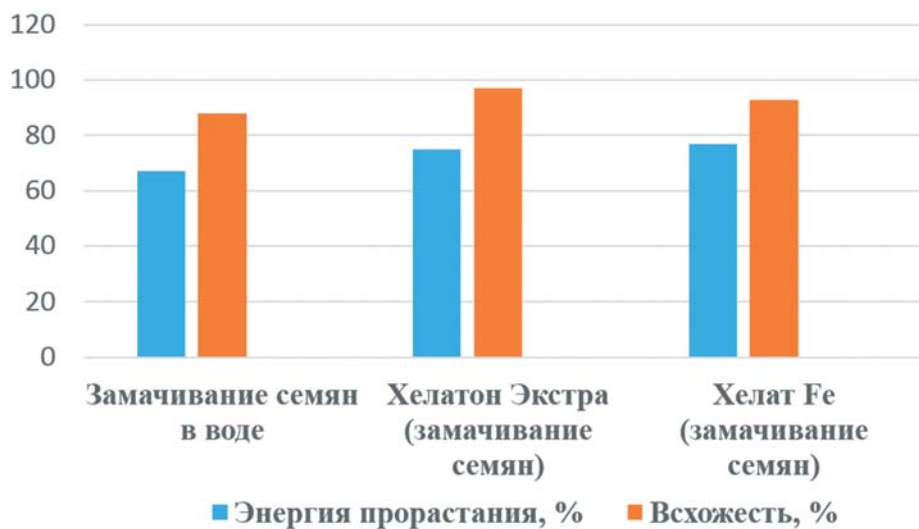


Рис. 1. Влияние новых водорастворимых удобрений на посевные качества семян арбуза столового
Fig. 1. The effect of new water-soluble fertilizers on the sowing qualities of watermelon seeds

Также было отмечено увеличение всхожести семян на 5-9%, что позволило получить дружные всходы и более выровненные посевы в вариантах с использованием водорастворимых микроудобрений Хелатон Экстра и Хелат Fe. Самый высокий процент всхожести был получен в варианте с применением для замачивания семян удобрения Хелатон Экстра, где всхожесть составила 97%, что на 4% больше по сравнению с вариантом Хелат Fe (замачивание семян) и на 9% больше по сравнению с контролем (замачивание семян в воде) (рис. 1).

В результате проведенных исследований, применение новых форм удобрений оказало положительное влияние на ростовые процессы растений арбуза столового раннего срока созревания. От применения микроудобрений Хелат Fe, Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, к периоду созревания плодов длина плетей увеличилась на 11,8-19,0% по отношению к контролю (замачивание семян в воде) и на 10,1-17,3% по сравнению с контролем (без обработок). Максимальное нарастание вегетативной массы было отмечено в варианте

Таблица 1. Влияние хелатных микроудобрений и способов их применения на ростовые процессы арбуза столового раннего срока созревания Метеор (среднее за 3 года)
Table 1. Influence of chelated microfertilizers and methods of their application on the growth processes of early table watermelon Meteor (average for 3 years)

Варианты опыта	Количество плетей, шт.		Длина плетей, см		Площадь листа, м ² /га			
	после 1-й обработки	после 2-й обработки	после 1-й обработки	после 2-й обработки	после 1-й обработки	после 2-й обработки	перед созревaniem	среднее за вегетацию
1. Контроль (без обработок)	27	39	220	335	423	4639	14213	6425
2. Контроль (замачивание семян в воде)	26	38	237	330	439	4774	12845	6019
3. Контроль (обработка растений водой)	27	40	241	353	418	5333	14691	6814
4. Хелатон Экстра (замачивание семян)	31	42	255	393	475	6284	18624	8461
5. Хелатон Экстра (обработка растений)	35	48	242	390	533	7015	21235	9594
6. Хелат В (обработка растений)	32	43	245	414	466	7178	17420	8355
7. Хелат Fe (замачивание семян)	28	39	239	369	496	5228	14561	6762
8. Хелат Fe (обработка растений)	31	47	250	401	438	5446	17603	7829

Хелатон Экстра. В результате применения новых препаратов Хелатон Экстра, Хелат Fe, Хелат В для foliarной обработки растений, длина плетей увеличилась на 10,5-17,3% по отношению к обработке растений водой и на 16,4-23,6% по сравнению с чистым контролем. Максимальное увеличение плетей было зафиксировано в варианте с применением Хелат В.

Также применение аналогичных препаратов для замачивания семян и обработки растений в период вегетации 2019-2021 годов оказало положительное действие на увеличение листовой пластины. В вариантах с применением микроудобрений Хелат Fe и Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, площадь листьев увеличилась на 12,3-40,6% по отношению к варианту (замачивание семян в воде) и на 5,2-31,7% по сравнению с контролем без обработок. Самая большая площадь листа (среднее за вегетацию), была отмечена в варианте с применением Хелатон Экстра. Также отмечалось увеличение площади листа при некорневой обработке растений во время вегетации новыми препаратами. В вариантах с применением микроудобрений Хелат Fe, Хелат В и Хелатон Экстра для обработки растений, показатели величины площади листовой поверхности превышали вариант обработка растений водой на 14,9-40,8% и на 21,6-49,3% к контролю без обработок. Максимальное увеличение листовой пластины было достигнуто в варианте с применением препарата Хелатон Экстра. Существенный прирост вегетативной массы в период исследований оказал новый препарат Хелатон Экстра для замачивания семян и foliarной обработки растений (табл. 1).

Полученные результаты в период 2019-2021 годов показали, что увеличилась урожайность за счет применения микроудобрений для замачивания семян перед посевом и обработки растений во время вегетации. В вариантах с применением

новых препаратов Хелат Fe и Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, показатели средней урожайности увеличились на 17,1-21,8% по сравнению с замачиванием семян в воде и на 30,0-35,3% больше варианта без обработок. Наибольшая урожайность при замачивании семян арбуза была получена в варианте Хелатон Экстра. Также в ходе исследований отмечено, что foliarная обработка растений в период вегетации оказала положительное влияние на рост урожайности арбуза столового сорта Метеор. Как показали результаты исследований, в вариантах с использованием микроудобрений Хелат Fe, Хелат В и Хелатон Экстра урожайность выросла на 15,3-25,0% по сравнению с обработкой растений водой и на 31,1-42,1% – по отношению к чистому контролю. Максимальная урожайность была достигнута при использовании препарата Хелатон Экстра для некорневой обработки растений в период вегетации.

Исследования показали, что процент выхода товарной продукции был достаточно высок во всех исследуемых вариантах и находился в пределах от 92,4% до 96,5%. Максимальное значение было зафиксировано в варианте Хелат Fe для замачивания семян. Средняя масса плода колебалась от 5,9 кг до 7,8 кг. Самые крупные плоды были получены в вариантах Хелатон Экстра и Хелат В (обработка растений).

В условиях Волгоградского Заволжья даже небольшое увеличение вегетационного периода способствует большему накоплению урожая, так как климатические условия зоны возделывания арбуза (малоснежные зимы, весенние заморозки, суховеи) неблагоприятно влияют на сроки созревания. В результате сравнительной оценки всех изучаемых микроудобрений для замачивания семян перед посевом и обработки растений отмечается незначительное увеличение вегетационного периода (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность арбуза столового раннего срока созревания Метеор (среднее за 3 года)
Table 2. Productivity of early table watermelon Meteor (average over 3 years)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Выход товарной продукции, %	Средняя масса товарного плода, кг	Длина вегетационного периода, сутки
1. Контроль (без обработок)	19,0	92,4	5,9	76
2. Контроль (замачивание семян в воде)	21,1	93,0	6,7	76
3. Контроль (обработка растений водой)	21,6	93,5	7,1	77
4. Хелатон Экстра (замачивание семян)	25,7	95,3	6,9	77
5. Хелатон Экстра (обработка растений)	27,0	94,7	7,8	78
6. Хелат В (обработка растений)	26,3	95,5	7,8	77
7. Хелат Fe (замачивание семян)	24,7	96,5	6,6	77
8. Хелат Fe (обработка растений)	24,9	95,7	7,2	78
НСР ₀₅	1,18		0,58	

Заключение

Полученные результаты проведенных исследований позволяют сделать выводы об отзывчивости растений арбуза столового к новым хелатным удобрениям. В результате использования водорастворимых удобрений для различных обработок, было отмечено быстрое нарастание плетей и увеличение листовой пластины. Соответственно применение микроудобре-

ний для замачивания семян перед посевом и двукратной обработки растений в период вегетации, существенно повысилась урожайность и увеличилась средняя масса товарного плода. Самые крупные плоды были получены при использовании препарата Хелатон Экстра и Хелат В для некорневой обработки растений. Данные результаты исследований могут являться новым элементом сортовой агротехники.

Об авторах:

Елена Александровна Галичкина – старший научный сотрудник,

<https://orcid.org/0000-0002-9603-7638>, BBSOS34@yandex.ru

Сергей Михайлович Надежкин – доктор биол. наук,

<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,

автор для переписки, nadegs@yandex.ru

Дмитрий Анатольевич Макаренко – доктор техн. наук,

makarenkov_da@irea.org.ru

About the Authors:

Elena A. Galichkina – Senior Researcher,

<https://orcid.org/0000-0002-9603-7638>, BBSOS34@yandex.ru

Sergey M. Nadezhkin – Doc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher,

<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,

Correspondence Author, nadegs@yandex.ru

Dmitry A. Makarenkov – Doc. Sci. (Engineering),

makarenkov_da@irea.org.ru

• Литература

1. Погодина И.В., Стрельцов Р.С. К вопросу о регулировании ввоза овощной продукции в Россию. *Овощи России*. 2018;(1):86-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-1-86-87>. EDN XODPJR.
2. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Шатилов М.В., Разин О.А., Россинская О.В., Башкиров О.В. Проблемы производства конкурентной овощной продукции. *Овощи России*. 2019;(1):3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>. EDN HEWHWK.
3. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
4. NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon // *I. Am. Soc. Hortic. Sc.* 1999;124(5):458-461.
5. Бахвалова С. А., Федорова А. В. Сидераты и урожайность яровой пшеницы. *Плодородие*. 2021;2(119):36-38. DOI 10.25680/S19948603.2021.119.09. EDN NEVVOF.
6. Пискунова Т.М., Тайпакова А.А. Оценка образцов бахчевых культур коллекции вир по раннеспелости, продуктивности и вкусовым качествам. *Аграрная Россия*. 2020;(7):8-12. DOI 10.30906/1999-5636-2020-3-8-12. EDN NVFEEB.
7. Лымарь В.А., Кныш В.И., Холодняк О.Г. Приоритетные направления селекции и технологии выращивания бахчевых культур на юге Украины. *Овощеводство и бахчеводство*. 2012;(58):18–26.
8. Лымарь А.О. Экологическая ситуация Причерноморья в зависимости от изменения климата. *Таврийский научный вестник*. 2012;(81):84–92.
9. Катылов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. М. - Л., 1965. 335 с.
10. Пивоваров В.Ф., Надежкин С.М. Основные пути совершенствования систем удобрения в овощеводстве. *Плодородие*. 2016;5(92):16-18. EDN WWRVXJ.
11. Галичкина Е.А., Надежкин С.М. Влияние водорастворимых удобрений на урожайность и биохимический состав арбуза столового среднего и позднего сроков созревания. *Овощи России*. 2023;(1):69-74. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-69-74>. EDN KVRIQW.
12. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М: Россельхозакадемия, 2011. 438-441 с.
13. Белик В.Ф., Бондаренко Г.Л. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М. 1979. 210 с.

• References

1. Pogodina I.V., Streltsov R.S. The main aspects of regulating the import of vegetables to Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(1):86-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-1-86-87>. EDN XODPJR.
2. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Shatilov M.V., Razin O.A., Rossinskaya O.V., Bashkirov O.V. Problems of production of competitive vegetable products. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):3-7. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>. EDN HEWHWK.
3. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
4. NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon // *I. Am. Soc. Hortic. Sc.* 1999;124(5):458-461.
5. Bakhvalova S.A., Fedorova A.V. Ciderates and spring wheat crop yield. *Plodородие*. 2021;2(119):36-38. DOI 10.25680/S19948603.2021.119.09. EDN NEVVOF. (In Russ.)
6. Piskunova T.M., Taipakova A.A. Evaluation of samples of melon crops from the vir collection for early maturity, productivity, and taste. *Agrarian Russia*. 2020;(7):8-12. DOI 10.30906/1999-5636-2020-3-8-12. EDN NVFEEB. (In Russ.)
7. Lyman V.A., Knysh V.I., Kholodnyak O.G. Priority directions of selection and cultivation technologies of gourds in the south of Ukraine. *Vegetable and melon growing*. 2012;(58):18–26. (In Russ.)
8. Lyman A.O. Ecological situation in the Black Sea region depending on climate change // *Tavriyskiy Scientific Bulletin*. 2012;(81):84–92. (In Russ.)
9. Katalymo, M.V. Trace elements and microfertilizers. M. - L., 1965. 335 p. (In Russ.)
10. Pivovarov V.F., Nadezhkin S.M. Main methods of improving fertilization systems in vegetable breeding. *Plodородие*. 2016;5(92):16-18. EDN WWRVXJ. (In Russ.)
11. Galichkina E.A., Nadezhkin S.M. The effect of water-soluble fertilizers on the yield and biochemical composition of table watermelon of medium and late ripening. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(1):69-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-69-74>. EDN KVRIQW.
12. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M: Russian Agricultural Academy, 2011. 438-441 p. (In Russ.)
13. Belik, V.F., Bondarenko G.L. Methodology of field experience in vegetable growing and melon growing. M. 1979. 210 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-92-96>
УДК 635.621:631.531.011.3:631.811.98

Н.Б. Рябчикова^{1*}, Д.С. Шапошников¹,
С.М. Надежкин²

¹ Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" 404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11

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

*Автор для переписки: BBSOS34@yandex.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рябчикова Н.Б., Шапошников Д.С., Надежкин С.М. Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на лабораторную и полевую всхожесть семян тыквы крупноплодной и мускатной. *Овощи России*. 2023;(4):92-96. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-92-96>

Поступила в редакцию: 27.04.2023

Принята к печати: 29.05.2023

Опубликована: 05.07.2023

Natalya B. Ryabchikova^{1*}, Dmitry S. Shaposhnikov¹,
Sergey M. Nadezhkin²

¹ Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" (BCBES – branch of the FSBSI FSVS) 11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVS) 14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

*Corresponding Author: BBSOS34@yandex.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Ryabchikova N.B., Shaposhnikov D.S., Nadezhkin S.M. The effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on laboratory and field germination of large-fruited and nutmeg pumpkin seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):92-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-92-96>

Received: 27.04.2023

Accepted for publication: 29.05.2023

Published: 05.07.2023

Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на лабораторную и полевую всхожесть семян тыквы крупноплодной и мускатной



Резюме

Актуальность. В данной статье представлены результаты исследования по влиянию регуляторов роста и водорастворимых удобрений на лабораторную и полевую всхожесть семян тыквы различных видов. Изложены результаты наблюдений за ростом и развитием проростков и корешков. Исследования проводили в лабораторно-полевом опыте. На основании результатов исследований сделан вывод о существенном влиянии регуляторов роста на лабораторную и полевую всхожесть семян тыквы различных видов. Обработка семян тыквы регуляторами роста и водорастворимыми удобрениями является одним из перспективных приемов подготовки к посеву. От качественных семян зависит не только полевая всхожесть, но и густота стояния растений, а также рост, развитие и поражение болезнями. Многообразие действующих веществ в исследуемых регуляторах роста оказывают положительное влияние на зародыш, активизируя им ускоренный процесс поглощения питательных веществ, обеспечивая повышение энергии прорастания и силу роста семян. Всхожесть – это способность за определённый срок дать проростки (в лаборатории) или (в полевых условиях) всходы.

Результаты. Использование в технологии выращивания тыквы различных видов регуляторов роста, как показывают проведенные исследования, является одним из перспективных агротехнических мероприятий. Наилучший результат при замачивании семян тыквы крупноплодной в лабораторных условиях был достигнут в вариантах с применением регуляторов роста Вигор Форте – 98% и Фитозонт – 95%. При замачивании семян тыквы мускатной наилучший вариант показал также Вигор Форте и Фитозонт – 95%.

Ключевые слова: лабораторная всхожесть, полевая всхожесть, тыква крупноплодная, тыква мускатная, регуляторы роста, водорастворимые удобрения

The effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on laboratory and field germination of large-fruited and nutmeg pumpkin seeds

Abstract

Relevance and methodology. This article presents the results of a study on the effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on laboratory and field germination of pumpkin seeds of various types. The results of observations of the growth and development of seedlings and roots are presented. The research was carried out by laboratory and field experience. It is established that based on the analysis of the data obtained, it can be concluded that growth regulators have a significant effect on the laboratory and field germination of pumpkin seeds of various species. Treatment of pumpkin seeds with growth regulators and water-soluble fertilizers is one of the promising methods of preparation for sowing. Not only field germination depends on high-quality seeds, but also the density of standing plants, as well as growth, development and disease damage. The variety of active substances in the studied growth regulators have a positive effect on the embryo, activating the accelerated process of nutrient absorption, providing increased germination energy and seed growth strength. There are many requirements for seed material. Germination is the main sowing quality of seeds, it is the ability to give seedlings (in the laboratory) or (in the field) shoots for a certain period of time. Germination also depends on the conditions of storage and germination of seeds. Another important property is the germination energy, the seeds should sprout in a certain time. The higher the germination energy, the seeds are considered better.

Results. The use of various types of growth regulators in the technology of pumpkin cultivation, as studies show, is one of the promising agrotechnical measures. The best result when soaking pumpkin seeds of large-fruited pumpkin, in laboratory conditions, was achieved in variants with the use of growth regulators Vigor Forte – 98% and Phytozont – 95%. When soaking nutmeg pumpkin seeds, the best option was also shown by Vigor Forte and Phytozont – 95%.

Keywords: laboratory germination, field germination, large-fruited pumpkin, nutmeg pumpkin, growth regulators, water-soluble fertilizers

Введение

Тыква занимает одно из важных мест среди овощных культур и является самой древней. Ботаническое семейство тыквенных включает в себя более 100 родов и свыше 1100 видов растений, подавляющее большинство которых встречается в тропиках и субтропиках. Возделывается около 30 видов, из них только шесть являются культурными, т.е. выращиваются на садово-огородных участках и в хозяйствах. В Европе тыква появилась в середине XVI века. В наше время её выращивают на всех континентах земли, в различных климатических условиях. В России тыкву выращивают во всех регионах страны. В Российской Федерации распространены три вида тыквы: крупноплодная – *Cucurbita maxima*, твердокорая – *Cucurbita pepo* и мускатная – *Cucurbita moschata*.

Тыква крупноплодная хорошо растёт как в средней полосе, так и на юге и юго-востоке нашей страны. Отдельные экземпляры достигают 90 кг и более. Эта тыква самая холодостойкая, но более позднеспелая, чем твердокорая, обладает большой лёжкостью и сохраняет высокие вкусовые качества в течение шести и более месяцев [1].

Мускатная тыква отличается высокими вкусовыми качествами. Кора её долго не твердеет. Мускатная тыква требует гораздо больше тепла, чем другие виды тыквы [2].

Для развития бахчеводства в Российской Федерации становится актуальным научный поиск агротехнологических решений путём разработки новых приёмов, направленных на создание условий для повышения урожайности и качества получаемой продукции [3].

Российские селекционеры эффективно работают над созданием новых и перспективных сортов тыквы различных видов, отличающихся более высокой урожайностью, качеством продукции и другими характерными признаками. Но даже самый лучший сорт, с точки зрения селекционеров, не сможет показать весь свой потенциал, если высевать не качественным семенным материалом. С семян начинается всё сельское хозяйство, а их сортовые и посевные качества в дальнейшем определяют объёмы получаемой продукции [4]. Хороший урожай зависит от природных условий, научно обоснованной агротехники и качественного семенного материала [5].

Рост и развитие растений начинаются с прорастания самого главного органа размножения – семени [6]. Для прорастания семян необходимы благоприятные условия, такие как, наличие влаги и кислорода [7]. Используемый посевной материал, должен быть выровненным по величине, жизнеспособным и иметь хорошую всхожесть [8]. Дружные и ровные всходы дают одинаковые по размерам семена, которые в дальнейшем лучше развиваются [9]. Основное назначение агротехнических разработок, это каждую партию семян довести до высоких показателей всхожести, пользуясь приёмами, которые ускоряют прорастание семян [10]. Замачивание семян в растворах регуляторов роста и водорастворимых удобрений это один из способов подготовки семян к посеву [11,12]. Использование в технологии выращивания тыквы различных видов регуляторов роста и водорастворимых удобрений, как показали проведенные исследования, является одним из перспективных, менее экономически затратных агротехнических мероприятий.

На Быковской бахчевой селекционной опытной станции, научными сотрудниками отдела агротехники, на протяжении нескольких лет ведется работа по применению различных регуляторов роста и водорастворимых удобрений при возделывании бахчевых культур. Препараты применяются в виде foliarных обработок и для замачивания семян. Некоторые регуляторы роста и водорастворимые удобрения показали хорошие результаты при применении для арбуза столового и дыни. Научными сотрудниками были отобраны определенные препараты для проведения новых исследований при замачивании семян тыквы различных видов, так же были скорректированы нормы.

Материалы и методы

Проводили исследования по изучению воздействия препаратов Агровин Профи, Вигор Форте, Фитозонт универсальный, Био Гумат универсальный + В(бор) на лабораторную всхожесть семян тыквы различных видов.

Объект исследований: семена тыквы крупноплодной – сорт Элия и тыквы мускатной – сортообразец 509.



Тыква крупноплодная (*Cucurbita maxima* Duch.). Сорт Элия

Включён в Госреестр по Российской Федерации для выращивания в ЛПХ. Вид крупноплодная. Столового назначения. Сорт среднеранний – среднеспелый. Растение плетистое. Главная плеть средней длины. Листовая пластинка среднего размера, зелёная, слабо-рассечённая. Плод плоскоокруглый, гладкий, основание и вершина вогнутые, среднего диаметра, серый, без рисунка, с желобками средней глубины. Масса плода – 5,4 кг (максимальная – 9 кг). Мякоть оранжевая, средней толщины, хрустящая, средней плотности и средней сочности. Вкус отличный. Семенное гнездо среднего разме-



Тыква мускатная (*Cucurbita moschata* Duch.). Сортообразец 509

ра, плаценты средней плотности. Семена эллиптические, среднего размера, белые. Урожайность – 20-25 т/га.

Сортообразец готовится для передачи на экспертную оценку в Государственную комиссию по охране и испытанию селекционных достижений для включения в Государственный реестр Российской Федерации. Вид мускатная. Столового назначения. Среднеспелого срока созревания. Растение длинноплетистое, мощное. Плоды удлинённой формы, массой 4,0-8,0 кг. Окраска плода желто-коричневая, рисунок – светло-желтые полосы, поверхность гладкая. Мякоть ярко-оранжевая, средне-плотная, сочная, сладкая, толщиной 3,0-4,0 см. Содержание сухих веществ 10,0-13,0%. Семена кремовые с ободком. Урожайность – 15-20 т/га.

Определение всхожести семян проводили в лабораторных условиях в чашках Петри по 100 шт. в 4-х кратной повторности в соответствии с методикой определения всхожести семян (ГОСТ 12038-84). Учёт проросших семян и морфометрические показатели ростков проводили путем подсчета количества проросших семян и измерения ростков, и корешков.

Характеристика исследуемых препаратов:

Агровин Профи – водорастворимое удобрение с микроэлементами и аминокислотами. Состав: В – 5,6%, Мп – 11,0%, S – 7,1%, Mg – 0,1%, F – 0,15%, Zn – 5,0%, Cu – 0,05%, K – 0,02%, аминокислот (в аминокислотной форме) – 1%;

Вигор Форте – регулятор роста с корректирующим комплексом микроэлементов и NPK. Состав: N – 5,3%, P – 7,8%, K – 14,5%, Mg – 4,0%, F – 1,1%, Мп – 0,48%, Zn – 1,0%, Cu – 0,9%, В – 0,3%, Мо – 0,05%.

Фитозонт универсальный: природный препарат, д.в. 0,00152 г/л – аланина + 0,00196 г/л L-глутаминовой кислоты.

Био Гумат Универсальный + В (бор) – жидкое органоминеральное удобрение на основе гуминовых кислот с повышенным содержанием бора в доступной форме. Состав: сумма солей гуминовых кислот и фульво кислот – не менее 2,5 г/л, аминокислоты – 40 г/л, N – 32 г/л, В – 15 г/л, S – 7 г/л, Мп – 5 г/л, органические вещества – не менее 350 г/л, рН – 6-6,5 г/л.

Результаты и их обсуждение

Для того чтобы получить полноценные и дружные всходы в оптимально короткие сроки, нужно уделить особое внимание предпосевной подготовке семян. В данном опыте определение всхожести семян проводили в лабораторных условиях в чашках Петри по 100 штук, в 4-х крат-

ной повторности. Продолжительность проращивания семян в течение 7 суток. Учёт проросших семян и морфометрические показатели ростков проводили путём подсчета количества проросших семян и измерение ростков и корешков. Опыт проводили в 2021-2022 годах.

В 2021 году лабораторная всхожесть семян тыквы крупноплодной сорта Элия при замачивании дистиллированной водой составляла 77% (табл. 1). При замачивании в водорастворимом удобрении Био Гумат Универсальный + В (бор) она была на 12% выше, а при замачивании в растворе Агровин Профи – ещё на 3% выше. При замачивании в регуляторах роста лабораторная всхожесть семян тыквы крупноплодной наблюдалось на достаточно высоком уровне и составила в Фитозонте 93%, а в растворе Вигор Форте – 97%.

Аналогичные данные были получены и при замачивании тыквы мускатной сортообразец 509, наилучшая всхожесть была в вариантах при замачивании семян в регуляторах роста Вигор форте – 96% и Фитозонт – 95%.

В 2022 году лабораторная всхожесть семян тыквы крупноплодной сорта Элия при замачивании дистиллированной водой составляла 79%. При замачивании в водорастворимом удобрении Био Гумат Универсальный + В (бор) она была на 8% выше, а при замачивании в растворе Агровин Профи ещё на 7% выше. При замачивании в регуляторах роста лабораторная всхожесть семян тыквы крупноплодной также оказалась на достаточно высоком уровне, что и в 2021 году и составила в Фитозонте 97%, а в растворе Вигор Форте – 99%.

По приведенным данным за 2022 год видно, что лучшая всхожесть тыквы мускатной была в вариантах с применением препаратов Фитозонт и Вигор Форте и составила 95 и 94% соответственно, а также и длина ростков и корешков в данных вариантах была больше по сравнению с контролем и другими вариантами (табл. 1, 2).

В среднем за 2021-2022 годы лабораторная всхожесть семян тыквы крупноплодной сорта Элия и мускатной сортообразец 509 при замачивании дистиллированной водой составляла 78% и 74% соответственно. Наилучшую лабораторную всхожесть показал вариант с применением Вигор Фоте – 98% и 95%, также довольно высокую всхожесть показал вариант с использованием регулятора роста Фитозонт 95%.

На основании проведённых исследований выявлено положительное влияние применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений на морфометрические показатели проростков (табл. 2). Максимальная длина ростка в 2021 году у тыквы крупноплодной была получена после обработки семян регуляторами роста Вигор Форте

Таблица 1. Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на лабораторную всхожесть тыквы различных видов, 2021-2022 годы

Table 1. Effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on laboratory germination of pumpkin seedlings of various species, 2021-2022

Варианты опыта	Лабораторная всхожесть, %					
	крупноплодная			мускатная		
	2021 год	2022 год	среднее	2021 год	2022 год	среднее
Дистиллированная вода	77	79	78	73	75	74
Вигор Форте	97	99	98	96	94	95
Фитозонт	93	97	95	95	95	95
Био Гумат Универсальный + В (бор)	89	87	88	85	85	85
Агровин Профи	92	94	93	90	90	90
НСР _{0,5}	3,36	3,37	4,53	4,39	4,53	4,31

и Фитозонт длина составила 3,8 см и 3,4 см, что в 1,4-1,2 раза больше по сравнению с вариантом обработки семян дистиллированной водой. Сравнительная оценка длины ростка после обработки семян тыквы крупноплодной водорастворимыми удобрениями Агровин Профи и Био Гумат Универсальный + В(бор) показала увеличение длины ростка в 1,2 и 1,1 раза больше по сравнению с обработкой семян дистиллированной водой. Увеличение длины ростка после применения для обработки семян регуляторов роста по отношению к контролю также характерно и для размеров длины корешка. Максимальная длина корешка была получена в варианте с применением для обработки семян Вигор Форте и Фитозонт в 1,5-1,3 раза больше по сравнению с обработкой семян дистиллированной водой (табл. 2) и составила 3,9 см в варианте Вигор Форте и 3,4 см – в варианте с применением Фитозонт.

получена в варианте с применением для обработки семян Вигор Форте и Фитозонт – 3,7 и 3,4 см соответственно (табл. 2).

Применение регуляторов роста и водорастворимых удобрений для замачивания тыквы мускатной оказывает положительное влияние на длину ростка во всех вариантах. Наилучший результат был достигнут так же, как и при замачивании тыквы крупноплодной в вариантах с применением регуляторов роста Вигор Форте и Фитозонт. В 2021 году длина ростка составила 3,1 см и 3,2 см соответственно, а в 2022 году – 3,1 см и 3,0 см соответственно. Длина корешка в варианте с Вигор Форте – 3,2 и 3,3 см, в варианте Фитозонт – 3,4 см и 3,2 см по годам соответственно.

В технологии возделывания тыквы крупноплодной и мускатной обработка семян регуляторами роста и водорастворимыми удобрениями дает возможность

Таблица 2. Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на морфометрические показатели проростков тыквы различных видов, 2021-2022 годы

Table 2. Effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on morphometric parameters of pumpkin seedlings of various species, 2021-2022

Варианты опыта	Длина ростка, см						Длина корешка, см					
	крупноплодная			мускатная			крупноплодная			мускатная		
	2021 год	2022 год	средн ее	2021 год	2022 год	средн ее	2021 год	2022 год	средн ее	2021 год	2022 год	средн ее
Дистиллированная вода	2,7	2,4	2,6	2,2	2,0	2,1	2,6	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3
Вигор Форте	3,8	3,6	3,7	3,1	3,1	3,1	3,9	3,7	3,8	3,2	3,3	3,6
Фитозонт	3,4	3,5	3,5	3,2	3,0	3,1	3,4	3,4	3,4	3,4	3,2	3,3
Био Гумат Универсальный +В (бор)	3,0	3,0	3,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	2,8	3,0	2,4	2,7
Агровин Профи	3,3	3,3	3,3	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0	3,1	3,0	2,9	3,0
НСР _{0,5}	0,45	0,55	0,70	0,35	0,29	0,41	0,32	0,35	0,48	0,37	0,33	0,38

Аналогичные данные были получены по максимальной длине ростка и в 2022 году: после обработки семян регуляторами роста Вигор Форте и Фитозонт длина составила 3,6 см и 3,5 см соответственно, что в 1,5-1,4 раза больше по сравнению с вариантом обработки семян дистиллированной водой. Сравнительная оценка длины ростка после обработки семян тыквы крупноплодной водорастворимыми удобрениями Агровин Профи и Био Гумат Универсальный + В (бор) показала увеличение длины ростка в 1,4 и 1,3 раза по сравнению с обработкой семян дистиллированной водой. Максимальная длина корешка в 2022 году также была

снизить норму посева, так как этот прием активизирует ростовые процессы начального периода за счет лучшего развития корневой системы.

Максимальная длина ростка и корешка в среднем за 2021-2022 годы была получена после обработки семян регулятором роста Вигор Форте по сравнению с вариантом обработки семян дистиллированной водой и с остальными изучаемыми вариантами.

Как видно из приведенных данных, всхожесть и длина ростка и корешка при применении препаратов для замачивания семян тыквы мускатной несколько ниже, чем у тыквы крупноплодной.

Таблица 3. Влияние регуляторов роста и водорастворимых удобрений на полевую всхожесть тыквы различных видов, %

Table 3. The effect of growth regulators and water-soluble fertilizers on the field germination of various types of pumpkin, %

Варианты опыта	2021 год		2022 год		Среднее	
	крупноплодная	мускатная	крупноплодная	мускатная	крупноплодная	мускатная
Дистиллированная вода	70	70	72	70	71	70
Вигор форте	90	88	92	90	91	89
Фитозонт	88	85	88	87	88	86
Био Гумат Универсальный + В (бор)	79	78	77	80	78	79
Агровин Профи	85	86	87	84	86	85
НСР _{0,5}	3,26	3,99	4,07	3,05	3,64	3,64

Лабораторная всхожесть, как правило, отличается от полевой всхожести в большую сторону, так как лабораторная всхожесть семян проверяется в более благоприятных условиях. На полевую всхожесть семян могут отрицательно повлиять неблагоприятные погодные условия, недостаточная влажность почвы. В наших опытах лабораторная всхожесть семян тыквы различных видов была на 8-10% выше.

Таким образом, в среднем за 2021-2022 годы, полевая всхожесть семян тыквы крупноплодной варьировала от 71% в контрольном варианте с замачиванием семян в дистиллированной воде до 91% – при предварительном замачивании семян в растворе регулятора роста Вигор Форте, у тыквы мускатной – от 70% в контрольном варианте до 89% – также при замачивании в регуляторе роста Вигор Форте. Полевая всхожесть семян тыквы крупноплодной с предварительным замачиванием в растворе Фитозонта была на 24% выше в сравнении с контрольным вариантом, но на 3,4% ниже, чем в варианте с замачиванием семян в растворе регулятора роста Вигор Форте, а при замачивании тыквы мускатной в растворе Фитозонта на 22% выше, чем в контрольном варианте, но на 3,3% ниже, чем в варианте с применением Вигор Форте (табл. 3).

Полевая всхожесть с применением водорастворимых удобрений так же превышала контрольный вариант с замачиванием семян в дистиллированной воде, но была ниже, чем с применением регуляторов роста.

Выводы

При применении регуляторов роста и водорастворимых удобрений для замачивания семян тыквы крупноплодной и мускатной выявлено увеличение длины ростков и корешков в лабораторных условиях и получение более ранних и дружных всходов в полевом опыте. В технологии возделывания различных видов тыквы обработка семян регуляторами роста и водорастворимыми удобрениями дает возможность снизить норму высева, так как этот прием активизирует ростовые процессы начального периода за счет лучшего роста и развития корневой системы. Лучшим препаратом для предпосевной обработки семян, как в лабораторном, так и в полевом опыте зарекомендовал себя Вигор Форте. Во всех исследуемых вариантах выявлена отзывчивость на применение препаратов для замачивания семян, что следует учитывать при дальнейших агротехнологических работах бахчевых культур.

Об авторах:

Наталья Борисовна Рябчикова – научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>, Scopus ID 57487936900, Researcher ID АБГ- 7145 – 2021, автор для переписки, BBSOS34@yandex.ru
Дмитрий Сергеевич Шапошников – научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, <https://orcid.org/0000-0002-1835-9658>, Researcher ID АБГ- 7122-2021
Сергей Михайлович Надежкин – доктор биол. наук, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, nadegs@yandex.ru

About the Authors:

Natalya B. Ryabchikova – Researcher, Department of Agrotechnics and Primary Seed Production, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>, Correspondence Author, BBSOS34@yandex.ru
Dmitry S. Shaposhnikov – Researcher, Department of Agrotechnics and Primary Seed Production, <https://orcid.org/0000-0002-1835-9658>, Researcher ID АБГ- 7122-2021
Sergey M. Nadezhkin – Doc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, nadegs@yandex.ru

• Литература

1. Потапов В.А., Родюков В.К., Скрипников Ю.Г. и др. Плодоводство и овощеводство. М.: Колос, 1997. 431 с.
2. Матвеев В.П., Рубцов М.И. Овощеводство. М.: Колос, 1978. 280 с.
3. Быковский Ю.А., Варивода Е.А., Колебошина Т.Г. Оптимизация первичного семеноводства бахчевых культур. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;(60):51-55. EDN WMALDL.
4. Колебошина Т.Г., Быковский Ю.А. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;(60):123-129. EDN WMALIV.
5. Колебошина Т.Г., Варивода Е.А. Приемы возделывания арбуза на семена. *Картофель и овощи*. 2019;(10):23-25. DOI 10.25630/PAV.2019.30.63.002. EDN YNFBYH.
6. Литвинов С.С., Лудиллов В.А. Производству семян овощных культур – государственную поддержку. Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы. М., 2008. Том 2. С. 24.
7. Малуева С.В., Бочарова И.Н., Рябчикова Н.Б. Качественные показатели новых и перспективных сортов, и гибридов арбуза. Сборник научных трудов элементов технологии возделывания, хранения, переработка овощных и бахчевых культур. Астрахань. 2018. С. 30-33.
8. Овчинников А.С., Колебошина Т.Г., Варивода О.П., Байбакова Н.Г. Значение исходного материала в селекции при создании новых сортов арбуза с комплексной устойчивостью к болезням. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016;1(41):21-27. EDN VVTBZH.
9. Сирота С.М. Законодательное обеспечение семеноводства овощных культур в Российской Федерации (по материалам парламентских слушаний 11 июля 2017 года. *Овощи России*. 2017;(4):13-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-4-13-15>. EDN ZFBFLR.
10. Masika F.B., Alicai T., Shimelis H. et al. Pumpkin and watermelon production constraints and management practices in Uganda. *CABI Agric Biosci*. 2022;3(39). <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00101-x>
11. Hosen M., Rafiq M.Y., Mazlan N., Jusoh M., Oladosu Yu., Chowdhury F.N., Muhammad I., Hasan Kh.M. Pumpkin (Cucurbita spp.): A Crop to Mitigate Food and Nutritional Challenges. *Horticulturae*. 2021;7(10):352. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100352>
12. Aghbolaghi M.A., Sedghi M., Sharifi R.S., Dedicova B. Germination and the Biochemical Response of Pumpkin Seeds to Different Concentrations of Humic Acid under Cadmium Stress. *Agriculture*. 2022;12(3):374. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030374>

• References

1. Potapov V.A., Rodyukov V.K., Skripnikov Yu.G. Fruit and vegetable growing. M.: Kolos, 1997. 431 p. (In Russ.)
2. Matveev V.P., Rubtsov M.I. Vegetable growing. M.: Kolos, 1978. 280 p. (In Russ.)
3. Bykovsky Yu.A., Varivoda E.A., Kobileshina T.G. Optimization of primary seed melons. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;(60):51-55. EDN WMALDL. (In Russ.)
4. Kobileshina T.G., Bykovsky Yu.A. Features of agrotechnology cucurbits crops in the zone of risky agriculture of the Russian Federation// *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;(60):123-129. EDN WMALIV. (In Russ.)
5. Kobileshina T.G., Varivoda E.A. Ways of watermelon growing for seeds. *Potato and vegetables*. 2019;(10):23-25. DOI 10.25630/PAV.2019.30.63.002. EDN YNFBYH.
6. Litvinov S.S., Ludilov V.A. Production of vegetable seeds – state support. Modern trends in the selection and seed production of vegetable crops. Traditions and prospects. M., 2008. Volume 2. P.24. (In Russ.)
7. Malueva S.V., Bocharova I.N., Ryabchikova N.B. Qualitative indicators of new and promising varieties and hybrids of watermelon. Collection of scientific papers elements of technology of cultivation, storage, processing of vegetable and melon crops. Astrakhan. 2018. pp. 30-33. (In Russ.)
8. Ovchinnikov A.S., Kobileshina T.G., Varivoda O.P., Baibakova N.G. The value of the source material in breeding when creating new varieties of watermelon with complex resistance to diseases. *Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education*. 2016;1(41):21-27. EDN VVTBZH. (In Russ.)
9. Sirota S.M. Legislative ensuring for seed production of vegetable crops in russian federation (based on parliamentary session on 11 July in 2017). *Vegetable crops of Russia*. 2017;(4):13-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-4-13-15>. EDN ZFBFLR.
10. Masika F.B., Alicai T., Shimelis H. et al. Pumpkin and watermelon production constraints and management practices in Uganda. *CABI Agric Biosci*. 2022;3(39). <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00101-x>
11. Hosen M., Rafiq M.Y., Mazlan N., Jusoh M., Oladosu Yu., Chowdhury F.N., Muhammad I., Hasan Kh.M. Pumpkin (Cucurbita spp.): A Crop to Mitigate Food and Nutritional Challenges. *Horticulturae*. 2021;7(10):352. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100352>
12. Aghbolaghi M.A., Sedghi M., Sharifi R.S., Dedicova B. Germination and the Biochemical Response of Pumpkin Seeds to Different Concentrations of Humic Acid under Cadmium Stress. *Agriculture*. 2022;12(3):374. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030374>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-97-106>
УДК 633.11:631.547:632.95.024.4

Н.С. Жемчужина*, С.А. Елизарова,
М.И. Киселева, Д.А. Захаров, И.И. Сардарова

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
143050, Московская область, Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы,
ул. Институт, владение 5

*Автор для переписки: zhemch@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жемчужина Н.С., Елизарова С.А., Киселева М.И., Захаров Д.А., Сардарова И.И. Экспериментальное обоснование методики оценки фитотоксичности микромицетов на проростках пшеницы. *Овощи России*. 2023;(4):97-106.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-97-106>

Поступила в редакцию: 05.06.2023

Принята к печати: 16.06.2023

Опубликована: 05.07.2023

Natalya S. Zhemchuzhina*, Svetlana A. Elizarova,
Marina I. Kiseleva, Dmitri A. Zakharov,
Irina I. Sardarova

All-Russian Research Institute of Phytopathology
Institut str., possession 5, Bolshye Vyazemy settlement,
Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russia

*Corresponding Author: zhemch@mail.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

For citations: Zhemchuzhina N.S., Elizarova S.A., Kiseleva M.I., Zakharov D.A., Sardarova I.I. Experimental substantiation of the method for assessing the phytotoxicity of micromycetes on wheat seedlings. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(4):97-106. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-97-106>

Received: 05.06.2023

Accepted for publication: 16.06.2023

Published: 05.07.2023

Экспериментальное обоснование методики оценки фитотоксичности микромицетов на проростках пшеницы



Резюме

Актуальность. В настоящее время возрастает актуальность изучения по выявлению способности многих микромицетов синтезировать фитотоксичные вещества, которые снижают всхожесть семян и ведут к огромным потерям урожая стратегических сельскохозяйственных культур. Для решения задачи требуется разработка новых методических подходов, что представляет значимость для иммунологов и фитопатологов.

Цель работы – определение фитотоксической активности штаммов микромицетов из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, паразитирующих на всех сельскохозяйственных культурах, возделываемых в России.

Материалы и методы. Использованы штаммы, способы их культивирования, метод биопробы и проведена статистическая обработка полученных результатов. Проведена модификация некоторых методических подходов для оценки фитотоксичности микромицетов. Проведен подбор репрезентативных концентраций фильтратов культуральной жидкости (ФКЖ) штаммов для оценки фитотоксичности.

Результаты. Установлена корреляционная связь для всех вариантов опыта между двумя независимыми параметрами: параметры развития проростков пшеницы и концентрация фильтратов культуральной жидкости. Получены новые результаты по исследованию фитотоксической активности 70 штаммов гемиботрофных микромицетов и установлены оптимальные концентрации ФКЖ грибов для классификации штаммов грибов по группам токсичности. Наиболее вариabельные значения по токсичности были найдены при применении 40% раствора ФКЖ. Показано, что при соблюдении этих условий штаммы грибов можно делить по степени токсичности на достоверно различающиеся группы. Это обстоятельство является важным основанием для включения штаммов микромицетов с определенными свойствами токсичности в Государственную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов. Штаммы грибов необходимы и целесообразны для использования в селекции по созданию устойчивых и толерантных сортов к фитопатогенам из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*.

Заключение. Новые методические подходы подтвердили, что наиболее вариabельные значения по токсичности были найдены при применении ФКЖ в пропорции 2:3. При этой концентрации ФКЖ штаммы делятся на 4 группы с характерными отличиями по степени токсичности, что является важным основанием для включения штаммов грибов в Государственную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов и в дальнейшем они будут использоваться в селекции по созданию устойчивых и толерантных сортов сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: пшеница, фитотоксичность, микромицеты, методические подходы, селекция

Experimental substantiation of the method for assessing the phytotoxicity of micromycetes on wheat seedlings

Abstract

Relevance. Currently, the relevance of studying to identify the ability of many micromycetes to synthesize phytotoxic substances that reduce seed germination and lead to huge losses in the yield of strategic agricultural crops is increasing. To solve the problem, the development of new methodological approaches is required, which is significant for immunologists and phytopathologists.

The purpose of this work is to determine the phytotoxic activity of micromycetes strains from the genera *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, parasitizing on all agricultural crops cultivated in Russia.

Materials and methods. The strains, the methods of their cultivation, the bioassay method were used, and the statistical processing of the results obtained was carried out. A modification of some methodological approaches for assessing the phytotoxicity of micromycetes has been carried out. The selection of representative concentrations of culture fluid filtrates (FCF) of strains for phytotoxicity evaluation was carried out.

Results. A correlation was established for all variants of the experiment between two independent parameters: the development parameters of wheat seedlings and the concentration of cultural liquid filtrates. New results have been obtained on the study of the phytotoxic activity of 70 strains of hemibiotrophic micromycetes and the optimal concentrations of fungal FAs for classifying fungal strains into toxicity groups have been established. The most variable toxicity values were found when using a 40% solution of FCL. It was shown that, under these conditions, fungal strains can be divided according to the degree of toxicity into significantly different groups. This circumstance is an important reason for including strains of micromycetes with certain toxicity properties in the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms. Fungal strains are necessary and appropriate for use in breeding to create resistant and tolerant varieties to phytopathogens from the genera *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*.

Conclusion. New methodological approaches have confirmed that the most variable toxicity values were found with the use of FCF in a ratio of 2:3. This concentration of FCF strains are divided into 4 groups with characteristic differences in the degree of toxicity, which is an important reason for including such strains of micromycetes in the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms and will be further used in breeding to create resistant and tolerant varieties of agricultural crops.

Keywords: wheat, phytotoxicity, micromycetes, methodological approaches, breeding

Введение

Способность к образованию фитотоксичных веществ установлена для многих микромицетов, большинство из которых принадлежат к сапрофитным видам грибов. Важнейшими продуцентами токсинов являются представители родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Claviceps*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma* и др. [1-5]. Способность микромицетов синтезировать метаболиты в процессе их жизнедеятельности является одной из составляющих, играющих существенную роль в снижении всхожести и энергии прорастания семян и, как следствие, приводящих к снижению урожайности культурных растений [6, 7]. С биологической точки зрения микотоксины выполняют в обмене веществ у грибов функции, направленные на выживание и конкурентоспособность в среде обитания. Свидетельством фитотоксичности метаболитов является сдерживание развития проростков культурных растений при обработке их фильтратами культуральной жидкости грибов (ФКЖ). При этом концентрация токсичных веществ в фильтратах многих видов грибов настолько высока, что обработанные ими всходы гибнут [5]. Уровень ингибирующего действия метаболитов грибов зависит не только от количества (концентрации) действующего вещества в культуральной жидкости, но и от устойчивости культуры. Последнее заключается в способности растений противостоять негативным последствиям воздействия грибов-продуцентов на уровне биохимических и физиологических процессов [8, 9, 10].

Широкое распространение микромицетов – продуцентов токсинов в биоценозах сельскохозяйственных культур обуславливает необходимость изучения факторов, приводящих к негативному воздействию на растения, в том числе и методов проведения экспериментальных наблюдений [11, 12]. Для получения сравнимых результатов экспериментов по определению степени фитотоксичности штаммов грибов требуется не только точное следование методическим рекомендациям, но и модификация некоторых приемов. Основным критерием сравнимости результатов является унификация критериев методического характера. Основными из них являются:

- получение моноконидиальных колоний грибов, обладающих типичными для вида морфологическими характеристиками, независимо от места сбора и культуры, из которых они изолированы;
- выбор универсального тест-объекта из культурных растений для оценки результатов воздействия ФКЖ штаммов разных видов микромицетов на развитие проростков;
- подбор параметров разведения ФКЖ, позволяющих классифицировать штаммы по группам фитотоксичности.

В коллекции ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии содержится большое количество изолятов и штаммов микромицетов – продуцентов фитотоксинов, наносящих ощутимый вред сельскому хозяйству. Одной из главных задач коллекции является обеспечение научных центров инфекционным материалом при селекции сортов, линий, гибридов культурных растений, устойчивых к болезням. Исходя из этого факта, предназначение коллекции заключается в хранении и поддержании востребованных видов микромицетов в жизнеспособном и активном состоянии [13-15].

Предметом наших исследований являлось определение фитотоксичной активности штаммов микромицетов из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, паразитирующих на сельскохозяйственных культурах, возделываемых в России.

Материалы и методы

Объектами исследований стали 70 коллекционных штаммов 11 видов грибов из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, выделенных из пораженных образцов свеклы, гороха, пшеницы, ячменя, ржи, кукурузы и некоторых других культур. В общей сложности, штаммы грибов были представлены 9 видами рода *Fusarium*: *Fusarium culmorum*, *Fusarium fujikuroi*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium heterosporum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium poae*, *Fusarium roseum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Neocosmospora solani*, рода *Alternaria* – *Alternaria alternata*, рода *Bipolaris* – *Bipolaris sorokiniana* (табл. 1).

Для приготовления посевной культуры гриб культивировали на 2% картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри в течение 14 суток в термостате при температуре 24-26°C по методике И. А. Дудки [16]. Однородность колоний штаммов по морфологическим признакам оценивали по 20 моноконидиальным культурам гриба, которые получали методом ищущего штриха. При определении видовой принадлежности штаммов грибов использовали справочный материал Билай В.И. [17], Хасанова Б.А. [18], Dugan F.M. [19], Gerlach W. [20], Simmons E.G. [21].

Фитотоксичность штаммов грибов определяли по методу биопробы на проростках пшеницы (сорт Мироновская 808), обработанных культуральной жидкостью, полученной путем культивирования мицелия гриба в жидкой среде Чапека-Докса, способствующей интенсивному биосинтезу токсинов. Состав жидкой питательной среды Чапека – Докса включал следующие ингредиенты (в %): NaNO_3 – 0.3; K_2HPO_4 – 0.1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.05; KCl – 0.025; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.001; сахароза – 3.0. Исходное значение pH питательной среды – 5.8. Агаровыми блоками диаметром 10 мм, вырезанными из зоны роста колоний соответствующих штаммов, осуществляли засев жидких сред в конических колбах объемом 250 мл, объем среды – 100 мл. Культивирование проводили при температуре 26°C в термостатируемом шейкере (200 об/мин) в течение 10 суток. Далее содержимое колб фильтровали через мембранные фильтры с размером пор 0,22 мкм, и полученный фильтрат использовали для проведения серии биопроб на семенах растения-тестера [3, 12, 22].

Биопробы включали варианты с использованием ФКЖ в разных концентрациях. Для получения 100 мл раствора смешивали объемы ФКЖ и воды в следующих пропорциях 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 (шаг 20 мл). Вариант состоял из 30 семян пшеницы, разложенных на фильтровальной бумаге в чашке Петри с внесением в каждую по 6 мл ФКЖ необходимой концентрации. Интенсивность прорастания семян и развития проростков тест-культуры оценивали на 5

Таблица 1. Виды микромицетов, выделенные из образцов сельскохозяйственных культур, возделываемых в России в 1998-2020 годах
Table 1. Types of micromycetes isolated from samples of agricultural crops cultivated in Russia in 1998-2020

Вид гриба	Происхождение образца (регион: культура)	Количество штаммов
<i>Alternaria alternata</i>	Волго-Вятский: горох Центрально-Черноземный: пшеница, ячмень, свекла	1 4
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	Волго-Вятский: ячмень Центральный: озимая рожь Центрально-Черноземный: ячмень, кукуруза Северо-Кавказский: пшеница	2 2 2 2
<i>Fusarium culmorum</i>	Центральный: озимая рожь, Волжский: ячмень, Центрально-Черноземный: кукуруза, свекла Восточно-Сибирский: ячмень	1 1 2 1
<i>Fusarium graminearum</i>	Центральный: пшеница Центрально-Черноземный: кукуруза	2 1
<i>Fusarium fujikuroi</i>	Центрально-Черноземный: кукуруза	6
<i>Fusarium heterosporum</i>	Центральный: рожь, Волжский: пшеница, хлопчатник Центрально-Черноземный: кукуруза Северо-Кавказский: пшеница, рис	1 4 2 3
<i>Fusarium oxysporum</i>	Волго-Вятский: ячмень Центрально-Черноземный: кукуруза, свекла Северо-Кавказский: пшеница, рис	2 7 4
<i>Fusarium poae</i>	Северо-Кавказский: пшеница Центральный: ячмень, озимая рожь	3 2
<i>Fusarium roseum</i>	Центрально-Черноземный: кукуруза Северо-Кавказский: пшеница	1 3
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Волго-Вятский: ячмень Центрально-Черноземный: пшеница, кукуруза, свекла Северо-Кавказский: Рис	2 3 2
<i>Neocosmospora solani</i>	Центральный: ячмень Центрально-Черноземный: свекла	3 1
Всего штаммов грибов:		70

сутки инкубации при комнатной температуре и естественном освещении.

О фитотоксичности штамма гриба судили по влиянию ФКЖ на всхожесть семян, развитие проростков и корней пшеницы. Наиболее заметное влияние метаболиты оказывали на рост первичных корней растений. В этой связи расчет измерений средних значений длины первичных корней (мм), выраженных в процентах к контролю, позволил выявить степень фитотоксичности штаммов микромицетов во всех вариантах. Так, если длина корней в опытном варианте составляла 0-30% от длины контроля, то это свидетельствовало о сильной токсичной (Т) активности гриба; 31-50% – умеренной токсичности (УТ); 51-70% – слабой токсичности (СТ); 71-100% – о нетоксичных (НТ) свойствах изолятов. Длину корней семян, пророщенных в воде, считали контролем и принимали за 100%.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами, рассчитывая средние арифметические и доверительные интервалы с уровнем вероятности 0.95 по трем независимым экспериментам с помощью модифицированной программы, разработанной в среде Windows 98 на базе Excel [23, 24].

Результаты исследований и обсуждение

Для получения статистически сравнимых результатов при определении токсичности штаммов существенное значение имел выбор вида растения в качестве тест-объекта, общего для всех изучаемых микромицетов. Как следует из таблицы 1, исследуемые виды грибов широко специализированы ко многим неродственным культурным растениям. Так, штаммы *Fusarium oxysporum* были изолированы из корнеплодов свеклы, корней пшеницы и ячменя, приземных листьев риса и кукурузы, при этом все они формировали стандартные для вида характеристики по морфологии мицелия и структуре конидий. Попытка использования в качестве тест-культур проростков свеклы оказалась непродуктивной из-за особенностей развития семян этой культуры и слабой энергии ростовых процессов в начале вегетации. Хорошие результаты показали семена кукурузы, ячменя и риса, ответные реакции на споровые суспензии и фильтраты культуральной жидкости грибов на проростках этих культур были типичными для всех зерновых с четкими характеристиками для получения достоверных результатов. А поскольку известно, что виды мицелиальных микромицетов из родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Fusarium*

Таблица 2. Влияние разведения ФКЖ на токсичность штаммов грибов, выраженной показателем средней длины первичных корней пшеницы (% к контролю)
 Table 2. Influence of the diluting the filtration of a cultural liquid on the toxicity of fungal strains, expressed as an indicator of the average length of primary wheat roots (% of control)

ФКЖ штамма гриба	Разведение 4:1		Разведение 3:2		Разведение 2:3		Разведение 1:4	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
<i>Alternaria alternata</i>								
КОП-18-1-8	28,5±1,6	Т	48,5±1,8	УТ	58,9±1,7	СТ	78,7±1,9	НТ
КОЯ-18-6	13,0±1,5	Т	33,0±1,4	УТ	65,0±1,6	СТ	101,0±2,1	НТ
АИ-3п-18	11,8±1,2	Т	13,4±1,2	Т	28,4±1,1	Т	55,4±1,4	СТ
АИ-1М-18	10,1±1,3	Т	19,1±1,4	Т	30,1±1,6	УТ	85,4±1,7	НТ
МСГ(Д)-7	17,7±0,8	Т	57,7±0,9	УТ	77,4±1,5	НТ	97,8±2,3	НТ
<i>Bipolaris sorokiniana</i>								
ТРК 2-4	4,0±0,9	Т	15,3±1,5	Т	26,7±1,4	Т	56,8±1,3	СТ
ТРК 2-1	4,0±0,9	Т	46,7±1,4	УТ	34,6±1,1	УТ	75,6±1,3	НТ
МКЯ(В)-1	8,6±2,7	Т	24,1±1,6	Т	29,9±3,6	Т	62,7±2,6	СТ
МСЯ (В)-3	7,8±1,1	Т	38,6±2,4	УТ	44,4±1,8	УТ	78,5±2,0	НТ
КОП-18-1-9	11,6±3,1	Т	26,6±2,2	Т	41,1±2,5	УТ	71,2±2,2	НТ
КОЯ-18-8	12,7±2,4	Т	20,9±1,7	Т	61,2±4,2	СТ	89,1±3,8	НТ
ЗМ-В-1к	10,5±6,2	Т	25,8±2,4	Т	75,5±2,7	НТ	95,9±2,2	НТ
Кр-19-6к-2	27,2±1,9	Т	45,7±3,1	УТ	67,2±1,9	СТ	90,2±1,7	НТ
<i>Fusarium culmorum</i>								
ЦМЗ-1-00	13,9±1,2	Т	21,4±1,0	Т	50,7±2,4	СТ	80,6±2,2	НТ
КМ-11-5ст	10,7±0,9	Т	15,8±1,3	Т	32,7±0,8	УТ	72,4±1,3	НТ
СЭ-36	6,9±1,0	Т	11,9±1,1	Т	26,7±1,3	Т	51,6±1,4	СТ
ЗМ-FC-1з	13,9±1,6	Т	27,6±3,0	Т	43,6±2,5	УТ	79,6±1,9	НТ
FcB-1-16	19,4±1,3	Т	30,5±1,6	УТ	61,6±1,8	НТ	95,5±2,1	НТ
<i>Fusarium fujikuroi</i>								
ЗМ-FF-4з	30,1±1,6	Т	39,9±2,2	УТ	47,7±2,6	УТ	78,6±3,0	НТ
ЗМ-FF-2з	45,0±2,2	УТ	61,0±2,5	СТ	76,4±2,4	НТ	98,4±2,5	НТ
ЗМ-FF-2кш	35,6±1,6	УТ	41,0±2,8	УТ	70,8±3,3	НТ	98,6±3,1	НТ
ЗМ-FF-2л-1	34,5±1,6	УТ	48,0±2,4	УТ	59,1±2,6	СТ	89,8±2,5	НТ
ЗМ-FF-4з-1	44,4±2,0	УТ	51,0±2,6	СТ	89,2±3,0	НТ	105,5±3,3	НТ
ЗМ-FF-5з	46,4±1,4	УТ	60,0±1,6	СТ	86,1±1,7	НТ	106,3±1,9	НТ
<i>Fusarium graminearum</i>								
FG-30	1,1±0,3	Т	5,7±0,4	Т	25,8±0,8	Т	55,9±1,3	СТ
FG-33	0,3±0,1	Т	1,9±0,7	Т	12,3±1,1	Т	44,8±1,3	УТ
ЗМ-FG-3п	22,8±2,0	Т	31,7±2,7	УТ	44,8±3,3	УТ	65,7±2,4	СТ
<i>Fusarium heterosporum</i>								
ЦМО-1-01	7,9±0,6	Т	26,3±1,3	Т	49,2±1,6	УТ	62,3±1,7	СТ
КС-17-1-3	7,7±0,4	Т	26,3±1,3	Т	78,8±2,0	НТ	109,7±2,2	НТ
КС-17-3-1	12,0±0,7	Т	29,7±1,3	Т	86,1±2,2	НТ	112,3±2,0	НТ
ЦМО-1-01	9,7±0,8	Т	24,5±1,3	Т	49,2±1,6	УТ	69,4±1,9	СТ
100180 (к)	16,7±3,6	Т	36,6±2,2	Т	60,7±2,7	СТ	90,9±1,9	НТ
Кр-19-6к-1	18,3±2,9	Т	26,3±1,3	Т	44,4±1,7	УТ	69,5±1,8	СТ
Кр-19-6л	5,7±0,9	Т	33,7±1,7	УТ	52,8±2,9	СТ	75,6±2,1	НТ
ХЛ-2к-1	6,7±1,7	Т	16,7±1,3	Т	19,6±2,0	Т	60,7±2,1	СТ
ЗМ-FL-1к	7,9±0,6	Т	40,7±1,9	УТ	66,7±1,9	СТ	107,7±2,3	НТ
ЗМ-FL-2л	21,1±1,6	Т	42,3±1,2	УТ	72,3±3,2	НТ	100,3±3,0	НТ

Продолжение таблицы 2
Continuation of table 2

ФКЖ штамма гриба	1*		1		1		1	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
<i>Fusarium oxysporum</i>								
КЗ-17-3-2	6,6±1,1	Т	10,5±1,2	Т	26,4±2,1	Т	65,5±2,4	СТ
МКЯ(НТ)-4	0,7±0,2	Т	3,7±0,5	Т	20,4±1,5	Т	56,7±2,1	СТ
МКЯ(Д)-4	20,2±1,8	Т	33,7±1,9	УТ	63,4±1,7	СТ	102,3±1,6	НТ
Fo-10-18	0,9±0,4	Т	9,4±1,7	Т	29,1±1,0	Т	58,4±1,4	СТ
Fo-117	0,7±0,2	Т	1,7±0,7	Т	8,7±0,3	Т	53,6±2,3	СТ
ZM-FO-2л	1,6±0,6	Т	6,6±1,1	Т	36,4±1,3	УТ	66,7±1,5	СТ
FS-1-17	18,3±2,4	Т	36,6±3,2	УТ	45,5±3,4	УТ	71,4±2,5	НТ
ZM-FO-1л	27,3±2,1	Т	57,5±2,0	УТ	77,6±2,4	НТ	105,2±2,5	НТ
ZM-FO-1ст	17,7±2,3	Т	29,3±1,8	Т	39,5±2,8	УТ	69,8±2,4	СТ
ZM-FO-2к	24,0±3,8	Т	66,1±3,3	УТ	73,1±4,5	НТ	93,7±3,4	НТ
ZM-FO-4з-2	24,5±1,4	Т	45,3±1,9	УТ	80,3±2,2	НТ	100,6±1,9	НТ
ZM-FO-8л	8,6±1,3	Т	16,7±1,5	Т	26,6±1,6	Т	65,4±1,5	СТ
Кр-19-5к	0,8±0,2	Т	7,0±1,0	Т	13,0±1,7	Т	76,7±1,7	НТ
<i>Fusarium poae</i>								
100170	17,1±1,7	Т	28,1±2,3	Т	48,1±2,6	УТ	79,4±2,5	НТ
M-2-2	18,3±1,7	Т	37,4±2,7	УТ	57,4±2,4	СТ	77,8±2,5	НТ
ЦМВ 3-99	20,3±1,0	Т	36,2±1,9	УТ	58,4±1,8	СТ	87,3±2,0	НТ
Кр-19-15к	46,2±1,9	УТ	54,8±2,4	СТ	74,2±2,9	НТ	101,7±2,4	НТ
Кр-19-7к	38,6±1,9	УТ	49,2±2,2	УТ	65,4±1,8	СТ	98,5±1,6	НТ
<i>Fusarium roseum</i>								
КРТ-10-1-кч	16,2±1,1	Т	22,2±1,5	Т	28,7±2,1	Т	58,8±2,0	СТ
КРТ-11-1-кч	19,1±1,9	Т	26,2±1,1	Т	46,2±1,7	УТ	87,3±1,9	НТ
КРТ-15-1-кч	18,0±1,0	Т	39,2±2,1	УТ	72,6±1,9	НТ	95,5±1,6	НТ
ZM-FR-5к	28,2±1,8	Т	41,8±2,7	УТ	51,2±2,8	СТ	98,4±2,4	НТ
<i>Fusarium sporotrichioides</i>								
КС-17-1-1	7,3±0,7	Т	15,0±1,3	Т	50,2±1,6	СТ	91,2±1,8	НТ
КЗ-5-06	9,2±1,2	Т	19,5±1,6	Т	31,2±1,2	УТ	66,2±1,4	СТ
КП-97-4-2	8,2±1,1	Т	19,2±1,3	Т	33,2±1,8	УТ	64,4±2,2	СТ
КС-17-3-2	15,7±0,6	Т	35,4±0,8	УТ	70,8±1,6	НТ	93,4±2,4	НТ
ZM-FS-4к	1,2±0,3	Т	4,2±0,8	Т	14,8±1,1	Т	83,3±2,8	НТ
КОП-18-2-5	15,1±1,6	Т	26,1±1,7	Т	45,1±1,3	УТ	72,4±1,5	НТ
Fsp-1	26,1±1,6	Т	37,5±1,8	УТ	47,1±2,4	УТ	80,4±2,0	НТ
<i>Neocosmospora solani</i>								
МО-Кр-3-09	15,9±1,1	Т	19,9±1,2	Т	29,7±1,2	Т	55,5±1,4	СТ
МСП-3-6	23,8±2,3	Т	40,6±1,8	УТ	63,7±2,1	СТ	87,6±2,2	НТ
P-1-05	26,6±1,8	Т	45,8±1,6	УТ	71,5±2,0	НТ	97,4±2,2	НТ
Fs-10-16	22,2±1,4	Т	37,2±1,8	УТ	46,2±2,4	УТ	76,3±1,8	НТ

Примечание: 1* – средняя длина корней (% к контролю);
2** – уровень токсичности.

хорошо адаптированы к паразитированию на широком круге культурных растений, в том числе и зерновых, нами в качестве тест-объекта была выбрана пшеница, как наиболее частый источник выделения микромицетов из родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Fusarium*. Кроме всего прочего, использование семян пшеницы в качестве тест-объекта для метода биопробы доступно и удобно в практическом применении. Предварительные исследования, проведенные на семенах зерновых культур, в том числе и сортах пшеницы, позволили получить математически достоверные и сравнимые результаты. В наших исследованиях по определению степени влияния ФКЖ штаммов грибов на интенсивность развития проростков растений широкое применение получил сорт Мироновская 808. Для экспериментов отбирали здоровые, выполненные, одинаковые по размеру семена.

Следует отметить, что при проведении исследований по влиянию концентрации споровых суспензий и фильтратов культуральных жидкостей грибов на проростки пшеницы, для более лаконичного изложения материала ограничились использованием в описательной части только одним биометрическим показателем, а именно показателем длины первичных корней.

Результаты обработки семян пшеницы (сорт Мироновская 808) фильтратами штаммов грибов без разведения водой оказались неинформативными. Высокая концентрация токсичных веществ в культуральной жидкости мицелиальных грибов негативно сказывалась на всхожести семян. В течение 5 суток, следующих после обработки ФКЖ, на поверхности зерен появлялся мицелий плесневых микромицетов, в результате чего они, как правило, не прорастали и загнивали.

Принимая во внимание это обстоятельство, нами была опробована серия разведений ФКЖ стерильной водопроводной водой в пропорциях 4:1, 3:2, 2:3 и 1:4, проверка которых позволила выбрать наиболее репрезентативную концентрацию для оценки фитотоксичности у штаммов грибов.

По результатам проведенных исследований на 5-суточных всходах пшеницы установлено, что мета-

болиты грибов в указанных разведениях ФКЖ избирательно влияли на рост и развитие проростков, оказывая как ингибирующее, так и стимулирующее действие (табл. 2).

Результаты обработки семян пшеницы ФКЖ сорта Мироновская 808 при разведении 4:1 выявили достоверное ингибирующее влияние метаболитов штаммов *Bipolaris sorokiniana* (рис. 1а), *Fusarium oxysporum* (рис. 1б), *Fusarium graminearum*, *Fusarium heterosporum* *Alternaria alternata* на рост первичных корней. Так, например, действие ФКЖ штаммов *Fusarium sporotrichioides* подавляло развитие корней тест-объекта на 73,9-98,8%.

Некоторое разнообразие по изучаемому признаку отмечали у видов *Fusarium poae* и *Fusarium fujikuroi*, здесь наряду с токсичными штаммами встречались и умеренно-токсичные (рис. 1в).

Таким образом, использование культуральной жидкости в разведении 4:1 выявило наличие двух групп, из которых 90% были представлены высокотоксичными и 10% - умеренно-токсичными штаммами грибов.

Результаты обработки метаболитами культуральной жидкости при разведениях ФКЖ 3:2 и 1:4 оказались неоднозначными. В первом случае развитие проростков пшеницы достоверно замедлялось. Тем не менее, результаты, полученные при разведении 3:2, показали наличие штаммов грибов (66 из 70), относящихся по токсичности к двум группам: умеренно (41,4%) и высокотоксичные (52,9%).

Нейтральное и слабое проявление токсичности отмечали на всходах пшеницы при обработке семян ФКЖ в разведении 1:4. Из общего числа проверенных штаммов группу слаботоксичные составили 31,4%, а группу нетоксичные - 68,6%. Следует заметить, что в последней группе встречались штаммы, заметно стимулирующие рост корней. Например, у *Fusarium heterosporum* такими свойствами обладали штаммы KC-17-1-3, KC-17-3-1, ZM-FL-1к, у *Fusarium fujikuroi* - ZM-FF-4з-1, ZM-FF-5з.

Результаты обработки семян пшеницы ФКЖ грибов в пропорции 2:3 выявили весь спектр известных градаций токсичности, что, в конечном итоге, позволило условно разделить штаммы микромице-

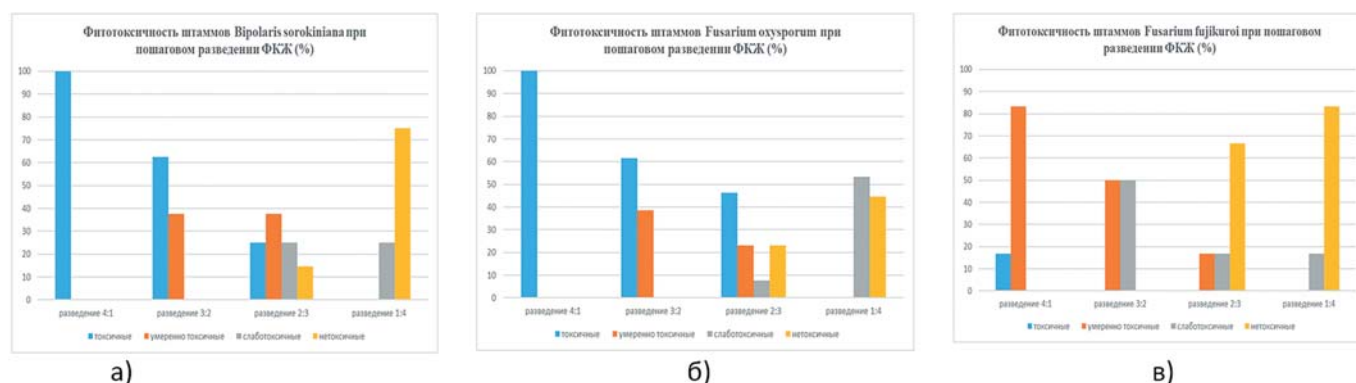


Рис. 1. Фитотоксичность штаммов при пошаговом разведении ФКЖ (%):

а) *Bipolaris sorokiniana*; б) *Fusarium oxysporum*; в) *Fusarium fujikuroi*

Fig. 1. Phytotoxicity of strains during step-by-step dilution of filtration of cultural liquid (%):

а) *Bipolaris sorokiniana*; б) *Fusarium oxysporum*; в) *Fusarium fujikuroi*

Таблица 3. Распределение видов мицелиальных микромицетов по степени фитотоксичности при разведении ФКЖ в соотношении 2:3
Table 3. Distribution of species of mycelial micromycetes according to the degree of phytotoxicity when diluting the filtration of a cultural liquid in a ratio of 2:3

Вид гриба	Количество штаммов вида	Частота встречаемости групп штаммов, различающихся степенью фитотоксичности, %			
		T	УТ	СТ	НТ
<i>Fusarium graminearum</i>	3	66,7	33,3	0	0
<i>Fusarium oxysporum</i>	13	46,2	23,1	7,7	23,1
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	7	14,3	57,1	14,3	14,3
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	8	25,0	37,5	25,0	12,5
<i>Fusarium culmorum</i>	5	20	40	20	20
<i>Alternaria alternata</i>	5	20	20	40	20
<i>Fusarium heterosporum</i>	10	10	30	30	30
<i>Fusarium fujikuroi</i>	6	0	16,7	16,7	66,7
<i>Fusarium poae</i>	5	0	20	60	20
Среднее по видам:	70	25,9	30,8	24,7	18,5

тов на 4 группы: токсичные – 25,9%, умеренно токсичные – 30,8%, слаботоксичные – 24,7%, нетоксичные – 18,5% (табл. 3). В этом диапазоне разведения ФКЖ появилась возможность не только разделить штаммы по изучаемому признаку, но и выбрать из

них наиболее токсичные. Так, из проверенных штаммов высоким уровнем токсичности характеризовались AI-3n-18 – *Alternaria alternata*, ТРК 2-4, МКЯ (В)-1 – *Bipolaris sorokiniana*, СЭ-36 – *Fusarium culmorum*, FG-30, FG-33 – *Fusarium graminearum* и др.

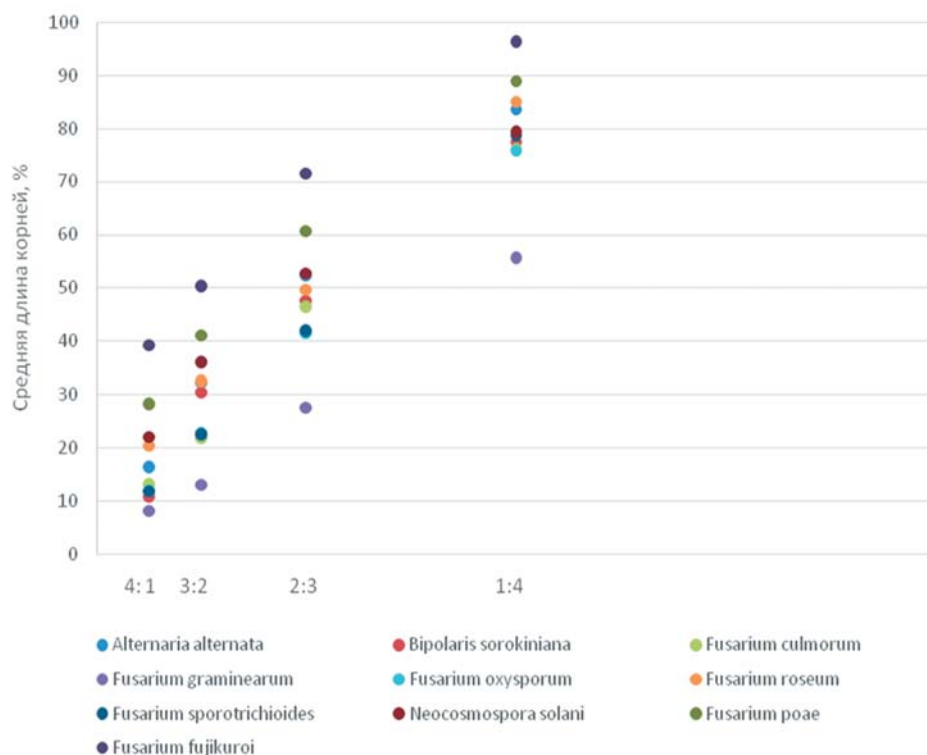


Рис. 2. График линейной корреляционной зависимости двух факторов: средняя длина первичных корней пшеницы (%) и разведение ФКЖ микромицетов
Fig. 2. Graph of linear correlation of two factors: average length of primary roots of wheat (%) and dilution of filtration of cultural liquid of micromycetes

Таблица 4. Статистические показатели зависимости средней длины корней (в % к контролю) и разведения ФКЖ микромицетов
 Table 4. Statistical indicators of the dependence of the average length of the roots (in % of the control) and the diluting the filtration of a cultural liquid of micromycetes

Вид	Количество изолятов, ед.	Средние значения по виду гриба в разведении ФКЖ				Стандартное отклонение	Коэффициент корреляции Пирсона	Нижняя граница 95%, rL	Верхняя граница 95%, rU	Ошибка коэффициента корреляции	Критерий существенности корреляции tфакт
		4:1	3:2	2:3	1:4						
<i>Alternaria alternata</i>	5	16,2	32,3	52,2	83,7	12,4	0,99149	0,64545	0,99983	0,09208	10,8
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	8	10,8	30,5	47,6	77,5	4,6	0,98375	0,41565	0,99968	0,12695	7,7
<i>Fusarium culmorum</i>	5	13,0	21,8	46,3	75,9	12,8	0,99359	0,72125	0,99987	0,07991	12,4
<i>Fusarium graminearum</i>	3	8,1	13,1	27,6	55,5	7,6	0,99933	0,96670	0,99999	0,02591	38,6
<i>Fusarium oxysporum</i>	13	11,7	22,6	41,5	75,8	10,8	0,99915	0,95793	0,99998	0,02919	34,2
<i>Fusarium roseum</i>	4	20,4	32,4	49,7	85,0	10,4	0,99899	0,95032	0,99998	0,03178	31,4
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	7	11,8	22,4	41,8	78,8	11	0,99975	0,98723	0,99999	0,01596	62,6
<i>Neocosmospora solani</i>	4	22,1	35,9	52,8	79,2	10,6	0,99086	0,62408	0,99982	0,09540	10,4
<i>Fusarium poae</i>	5	28,1	41,1	60,7	88,9	11,6	0,99269	0,68806	0,99985	0,08532	11,6
<i>Fusarium fujikuroi</i>	6	39,3	50,2	71,6	96,2	11,9	0,98899	0,56382	0,99978	0,10463	9,5

Исходя из данных по частоте встречаемости групп штаммов грибов, судили и о степени токсичности видов, в целом. Виды *Fusarium graminearum* (66,7%) и *Fusarium oxysporum* (46,2%) отнесены к наиболее токсичным видам, что согласуется с данными многих исследователей [4, 25, 26]. Для вида *Fusarium graminearum* доля высоко и умеренно токсичных показателей в суммарном выражении составила 100%, *Fusarium oxysporum* – 69,3%. Наряду с этими видами, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium sporotrichioides* по сумме показателей токсичности (высокой и умеренной) имели 62,5% и 71,4%, соответственно. В свою очередь, это свидетельствовало о достаточно высокой токсичности этих видов, что, с практической точки зрения, проявлялось значительным угнетением развития всходов пшеницы.

Более низкая токсичность ФКЖ у видов *Fusarium fujikuroi* и *Fusarium poae* может быть объяснена биологическими особенностями или недостаточностью выборки.

По результатам испытаний установлено, что все используемые штаммы микромицетов обладали той или иной степенью токсической активности, которая проявлялась интенсивностью развития проростков растений пшеницы. Практически во всех вариантах исследований показатель длины

корней зависел от концентрации ФКЖ (рис. 2).

Как следует из рисунка 2, независимые факторы (разведение ФКЖ грибов и развитие растений тест-объекта) выражаются на графике в виде линейной положительной корреляции. Для всех вариантов опыта, r - коэффициент корреляции Пирсона был больше 0.9 (при $r < 0,3$ - корреляционная зависимость слабая; $r = 0,3-0,7$ - средняя; $r > 0,7$ - сильная.), что указывает на сильную зависимость двух факторов (табл. 4).

Наряду с этим, вычисление верхних и нижних границ стандартного доверительного интервала подтвердили зависимость двух факторов, так как все значения коэффициента не выходят за рамки 95%.

Взаимосвязь двух факторов доказана и при вычислении критерия существенности, через ошибку корреляции. Значения критерия t -Стьюдента (табличное значение) для критерия свободы 2 (для всех вариантов) равняется $t = 4,3$. При сравнении $t_{\text{факт}}$ и $t_{\text{теор}}$ (t -Стьюдента), получается, что $t_{\text{факт}} > t_{\text{теор}}$. Значит, корреляционная связь существенная для всех вариантов опыта.

Среднеквадратическое отклонение дает возможность оценить разброс значений, полученных в результате измерения определенного показателя, в нашем случае – длины корней (в % к контролю). При вычислении среднего отклонения, основывались на

том, что, чем оно больше, тем сильнее разброс значений в представленном множестве; чем меньше, тем более сгруппированы показатели вокруг среднего значения. Полученные результаты свидетельствуют о достаточном разбросе показателей развития корней в пределах среднего значения фактора. Из этого следует, что разница между 4 показателями разведения ФКЖ, выраженная значениями среднего отклонения, существенна.

Таким образом, результатами исследований подтверждено, что наиболее вариабельные значения по токсичности были найдены при применении

фильтрата культуральной жидкости (ФКЖ) в пропорции 2:3. В условиях применения этой концентрации ФКЖ штаммы делятся на 4 группы с характерными отличиями по степени токсичности. Это обстоятельство является важным основанием для включения подобных штаммов микромицетов в Государственную коллекцию фитопатогенных микроорганизмов. Штаммы грибов с установленными свойствами токсичности необходимы для использования в селекции по созданию устойчивых и толерантных сортов сельскохозяйственных культур.

Об авторах:

Наталья Сергеевна Жемчужина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заместитель заведующего государственной коллекцией фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов, автор для переписки, zhemch@mail.ru

Светлана Александровна Елизарова – микробиолог государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов

Марина Ивановна Киселева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела микологии и иммунитета

Дмитрий Алексеевич Захаров – аспирант государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов

Ирина Игоревна Сардарова – аспирант лаборатории по селекции на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам

About the Authors:

Natalya S. Zhemchuzhina – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Deputy Head of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms and Plant Varieties-Identifiers of Pathogenic Microorganism Strains, Correspondence Author, zhemch@mail.ru

Svetlana A. Elizarova – microbiologist of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms and Plant Varieties-Identifiers of Pathogenic Microorganism Strains

Marina I. Kiseleva – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Mycology and Immunity

Dmitri A. Zakharov – Postgraduate Student of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms and Plant Varieties-Identifiers of Pathogenic Microorganism Strains

Irina I. Sardarova – Postgraduate student of the laboratory for selection for resistance to abiotic and biotic stress factors

• Литература

1. Арасланова Н.М., Ивевор М.В., Саукова С.Л., Антонова Т.С., Рамазанова С.А. Влияние культуральных фильтратов изолятов грибов родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Ulocladium* на прорастание семян и развитие проростков подсолнечника. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2014;1(157-158):124-129. EDN SFBQVN.
2. Берестецкий О.А. Изучение фитотоксических свойств микроскопических грибов / Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. С. 321-333
3. Билай В.И., Курбатская З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов. Киев. – 1990.
4. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Орина А.С. Выявление токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* в зерне озимой пшеницы в Центральном регионе Европейской части России. *Успехи медицинской микологии*. 2018;(19):299-303. EDN UROYXQ.
5. Третьякова И.Н., Садыкова В.С., Носкова Н.П., Бондарь П.Н., Гайдашева И.И., Громовых Т.И., Иваницкая А.С., Ижболдина М.В., Барсукова А.В. Рост стимулирующая активность штаммов рода *Streptomyces* и *Trichoderma* и перспективы их использования для микроразмножения хвойных. *Биотехнология*. 2009;(1):39-44.
6. Temirbekova, S.K., Kulikov, I.M., Afanasyeva, Y.V., Ashirbekov, M.Z., Beloshapkina, O.O., Kalashnikova, E.A., Sardarova, I., Begeulov, M.S., Kucher, D.E., Ionova, N.E., Rebouh N.Y. The Biological Traumatization of Crops Due to the Enzyme Stage of Enzyme-Mycotic Seed Depletion. *Pathogens*. 2022;(11):376. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030376>
7. Темирбекова С.К., Черемисова Т.Д., Куликов И.М., Афанасьева Ю.В., Зуев Е.В., Потапова Е.С. Мировая коллекция ВИР — ключ для «идеала» сорта Н.И. Вавилова на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам Центрального региона РФ. Москва: ВСТИСП, 2020. 108 с.: илл.
8. Берестецкий А.О. Фитотоксины грибов: от фундаментальных исследований - к практическому использованию (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2008;44(5):501-514. EDN JJWHSJ.
9. Литовка Ю.А., Савицкая А.Г., Рязанова Т.В. Видовой состав и фитотоксические свойства микромицетов рода *Fusarium*, распространенных в лесных питомниках средней и южной Сибири. *Теоретический и научно-практический журнал: Хвойные бореальной зоны*. 2011;XXIX(3-4):232-236.
10. Wagacha J.M., Muthomi J.W. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*. 2007;(26):877-885.
11. 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. 2007. С. 82-93
12. 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.
13. Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Коломиец Т.М. 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. DOI 10.18699/VJ21.101. EDN YBJMZN.
14. Коломиец Т.М., Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Пахолкова Е.В., Глинушкин А.П. Роль генофонда Государственной Коллекции фитопатогенных микроорганизмов ВНИИ фитопатологии в обеспечении научных исследований. Материалы Пятого Съезда Микологов России (12-14 октября 2022 г., г. Москва), в сборнике: *Современная микология в России*. 2022;(9):10-12. doi: 10.14427/cmr.2022.ix.01
15. Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов. ВНИИФ URL: <http://vniif.ru/vniif/structure/collection/page/1367>.
16. Дудка И.А. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. Думка. 1982. 550 с.

17. Билай В.И. Основы общей микологии. Киев: Выща школа, 1989. 392 с.
18. Хасанов Б.А. Определитель грибов возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera* и *Exserohilum*. Ташкент: ФАН, 1992. 243 с.
19. Dugan F.M. The identification of fungi. An illustrated introduction with keys, glossary, and guide to literature. *The American Phytopathological Society Press*, St. Paul, Minnesota, USA, 2006. 176 p.
20. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. 1982;(209):1-406.
21. Simmons E.G. *Alternaria*. An Identification Manual. Utrecht: CBS. 2007. 775 p.
22. Федорович М.Н., Шашко Ю.К., Шашко М.Н., Поликсенова В.Д. Токсичность культуральных фильтратов мелкоспоровых видов рода *Alternaria* Nees. Вестник БГУ. 2006;2(2):36–39.
23. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. М.: Колос, 1972. 206 с.
24. Ершова Н.М. Дисперсионный анализ данных наблюдений с помощью пакета анализа приложения Excel. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2009;3(134):10-20. EDN WXFFUJ.
25. Домрачева Л.И., Трефилова Л.В., Фокина А.И. Фузари: биологический контроль, сорбционные возможности. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2013. 182 с. EDN YKYHWR.
26. Иванов А.В., Семенов Э.И., Ермолаева О.К., Галиева Г.М., Трemasов М.Я. Токсигенный потенциал штаммов *Fusarium sporotrichioides*. Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке / Материалы международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского. Санкт-Петербург 2-4 октября 2013 года. С. 142-145.
27. Berestetsky A.O. Fungal phytotoxins: from fundamental research to practical use (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2008;44(5):501-514. EDN JJWHSJ.
28. Litovka Yu.A., Savitskaya A.G., Ryazanova T.V. Species composition and phytotoxic properties of micromycetes of the genus *Fusarium*, common in forest nurseries of central and southern Siberia. Theoretical and scientific-practical journal: *Conifers of the boreal zone*. 2011;XXIX(3-4):232-236.
29. Wagacha J.M., Muthomi J.W. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*. 2007;(26):877–885.
30. Hannibal, F.B. Toxicogenicity and pathogenicity of fungi of the genus *Alternaria* for cereals. Laboratory of Mycology and Phytopathology. A.A. Yachevsky VIZR. History and Modernity / Ed. A.P. Dmitriev. - St. Petersburg. 2007. P. 82–93.
31. Parfenova T.A., Alekseeva T.P. Toxic effect of the culture liquid filtrate of fungi of the genus *Fusarium* on wheat seeds. *Mykology and Phytopathology*. 1995;29(1):78-82.
32. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Kolomiets T.M. Identification of the diversity of micromycetes of the genus *Fusarium* in the agroecosystems of the plains of the North Caucasus to replenish the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the FGBNU VNIIF. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(8):874-881. DOI 10.18699/VJ21.101. EDN YBJMZN.
33. Kolomiets T.M., Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Pakholkova E.V., Glinushkin A.P. The role of the gene pool of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology in supporting scientific research. Proceedings of the Fifth Congress of Mycologists of Russia (October 12-14, 2022, Moscow), in the collection: Modern Mycology in Russia. 2022;(9):10-12. doi: 10.14427/cmr.2022.ix.01
34. State collection of phytopathogenic microorganisms and plant varieties-identifiers of pathogenic strains of microorganisms. VNIIF URL: <http://vniif.ru/vniif/structure/collection/page/1367>.
35. Dudka I.A. Methods of experimental mycology. Kyiv: Nauk. Dumka. 1982. 550 p.
36. Bilay V.I. Fundamentals of general mycology. Kyiv: High school, 1989. 392 p.
37. Khasanov B.A. Key to fungi pathogens of "helminthosporia" plants from the genera *Bipolaris*, *Drechslera* and *Exserohilum*. Tashkent: FAN, 1992. 243 p.
38. Dugan F.M. The identification of fungi. An illustrated introduction with keys, glossary, and guide to literature. *The American Phytopathological Society Press*, St. Paul, Minnesota, USA, 2006. 176 p.
39. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* - a pictorial atlas. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. 1982;(209):1-406.
40. Simmons E.G. *Alternaria*. An Identification Manual. Utrecht: CBS. 2007. 775 p.
41. Fedorovich M.N., Shashko Yu.K., Shashko M.N., Poliksenova V.D. Toxicity of cultural filtrates of small-spore species of the genus *Alternaria* Nees. *Bulletin of the Belarusian State University*. 2006;2(2):36–39.
42. Dospekhov B.A. Planning a field experiment and statistical processing of its data. M.: Kolos, 1972. 206 p.
43. Ershova N.M. Dispersion analysis of observational data using the Excel application analysis package. *Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Life and Architecture*. 2009;3(134):10-20. EDN WXFFUJ.
44. Domracheva L.I., Trefilova L.V., Fokina A.I. Fusaria: biological control, sorption capabilities. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2013. 182 p. EDN YKYHWR
45. Ivanov A.V., Semenov E.I., Ermolaeva O.K., Galieva G.M., Tremasov M.Ya. Toxigenic potential of *Fusarium sporotrichioides* strains. Problems of mycology and phytopathology in the XXI century. *Proceedings of the international scientific conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences, Professor Artur Arturovich Yachevsky*. St. Petersburg October 2-4, 2013. C. 142-145.

References

1. Araslanova N.M., Ivebor M.V., Saukova S.L., Antonova T.S., Ramazanov S.A. Influence of cultural filtrates of isolates of fungi of the genera *Alternaria*, *Bipolaris*, *Ulocladium* on seed germination and development of sunflower seedlings. *Oil cultures. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2014;1(157-158):124-129. EDN SFBQVN.
2. Berestetsky O.A. Study of phytotoxic properties of microscopic fungi / Methods of experimental mycology. Kyiv: Naukova Dumka, 1982, pp. 321-333.
3. Bilay V.I., Kurbatskaya Z.A. Determinant of toxin-forming micromycetes. Kyiv. – 1990.
4. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P., Orina A.S. Identification of toxin-producing fungi of the genus *Fusarium* in winter wheat grain in the Central region of the European part of Russia. *Advances in medical mycology*. 2018;(19):299-303. EDN UROYXQ.
5. Tretyakova I.N., Sadykova V.S., Noskova N.P., Bondar P.N., Gaidasheva I.I., Gromovych T.I., Ivanitskaya A.S., Izboldina M.V., Barsukova A.V. Growth-stimulating activity of strains of the genus *Streptomyces* and *Trichoderma* and prospects for their use for micropropagation of conifers // *Biotechnology*. 2009;(1):39-44.
6. Temirbekova, S.K., Kulikov, I.M., Afanasyeva, Y.V., Ashirbekov, M.Z., Beloshapkina, O.O., Kalashnikova, E.A., Sardarova, I., Begeulov, M.S., Kucher, D.E., Ionova, N.E., Rebouh N.Y. The Biological Traumatization of Crops Due to the Enzyme Stage of Enzyme-Mycotic Seed Depletion. *Pathogens*. 2022;(11):376. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030376>
7. Temirbekova S.K., Cheremisova T.D., Kulikov I.M., Afanaseva Yu.V., Zuev E.V., Potapova E.S. The world collection of VIR is the key to the "ideal" variety N.I. Vavilov on resistance to abiotic and biotic stresses in the Central region of the Russian Federation.. Moscow: VSTISP, 2020. 108 p.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-107-111>
УДК 635.21-02:631.526.32:631.58

Ю.П. Логинов, А.А. Казак*, А.С. Гайзатулин

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
625003 г. Тюмень, Россия, ул. Республики, 7

*Автор для переписки: kazakaa@gausz.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Логинов Ю.П., Казак А.А., Гайзатулин А.С. Урожайность и качество клубней сортов картофеля при выращивании в условиях органического земледелия. *Овощи России*. 2023;(4):107-111.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-4-107-111>

Поступила в редакцию: 11.05.2023

Принята к печати: 30.05.2023

Опубликована: 05.07.2023

Yuri P. Loginov, Anastasia A. Kazak*,
Andrey S. Gayzatulin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Northern Trans-Ural State Agricultural University"
(FSBEI HE Trans-Ural SAU)

* Corresponding Author: kazakaa@gausz.ru

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

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

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

Received: 11.05.2023

Accepted for publication: 30.05.2023

Published: 05.07.2023

Урожайность и качество клубней сортов картофеля при выращивании в условиях органического земледелия



Резюме

Цель исследований: изучить урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля Чароит и Метеор в условиях органического земледелия в северной лесостепи Тюменской области.

Материал и методика. Исследования проведены в 2019-2022 годах на опытном поле ГАУ Северного Зауралья. Почва чернозём выщелоченный, тяжёло-суглинистая по гранулометрическому составу, средне обеспечена азотом и фосфором, хорошо – калием, pH – 6,7 содержание гумуса 7,2%. Содержание микроэлементов в почве удовлетворительное. Предшественник – яровая пшеница + рапс на сидерат. Зелёную массу сидеральной культуры (170 ц/га) запахивали пятого октября. Весной провели боронование с целью задержания влаги в почве, затем при температуре +10...+12°C на глубине 10-12 см проводили фрезерование, нарезку гребней и посадку пророщенными клубнями. Схема посадки 75x30 см, площадь делянки 50 м², учётная – 30 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Перед посадкой клубни обрабатывали препаратом Табу, 1 л/т и биорегулятором роста Росток, 0,5 л/т, а также в фазу бутонизации растения обрабатывали препаратом Иммуноцитифит, 0,5 г/га. Минеральные удобрения не вносили. Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки и окучивание.

Результаты. Установлено, что в картофелеводческом севообороте с ежегодным использованием сидеральных удобрений урожайность отмеченных сортов в среднем за четыре года составила 21,7-22,0 т/га, или на 1,1-1,4 т/га выше стандарта Жуковский ранний. Урожайность сочеталась с высоким качеством клубней: содержание крахмала 13,9-14,6%, витамина «С» 15,6-16,4 мг/%, нитратов – 59-81 мг/100 г, вкусовая оценка – 4,1-4,3 баллов.

Ключевые слова: картофель, сорт, органическое земледелие, урожайность, качество клубней

Yield and quality of potato tubers when grown in organic farming conditions

Abstract

Methodology. The purpose of the research: to study the yield and quality of tubers of early ripe potato varieties Charoit and Meteor in organic farming in the northern forest-steppe of the Tyumen region. Studies were carried out in 2019-2022 on the experimental field of the Northern Trans-Ural State Agricultural University. The soil of chernozem is leached, heavily carbonaceous in grain size distribution, medium provided with nitrogen and phosphorus, good – potassium, pH – 6.7 humus content – 7.2%. The content of trace elements in the soil is satisfactory. The precursor is spring wheat + rape per siderate. The green mass of the sideral culture (170 c/ha) was smelted on the fifth of October. In the spring, harrowing was carried out in order to retain moisture in the soil, then at a temperature of + 10...+12°C at a depth of 10-12 cm, milling, cutting of ridges and planting with sprouted tubers were carried out. The landing scheme is 75x30 cm, the plot area is 50 m², the accounting one is 30 m², the repetition is four times, the location of the plots is rendered. Prior to planting, tubers were treated with Taboo, 1 L/t and growth bioregulator Rostock, 0.5 L/t, and plants were treated with Immunocytophyte, 0.5 g/ha during the budding phase. Mineral fertilizers were not contributed. Caring for potato plantings included two inter-row treatments and sinking.

Results. It was established that in potato crop rotation with the annual use of sideral fertilizers, the yield of the noted varieties averaged 21.7-22.0 t/ha over four years, or 1.1-1.4 t/ha higher than the Zhukovsky early standard. The yield was combined with high quality tubers: starch content 13.9-14.6%, vitamin "C" 15.6-16.4 mg/%, nitrates – 59-81 mg/100 g, taste rating – 4.1-4.3 points.

Keywords: potatoes, variety, organic agriculture, yield, tuber quality

Введение

Повсеместное ведение земледелия на основе использования минеральных удобрений и средств химической защиты растений привело к снижению многих показателей плодородия почвы: кислотность, содержание гумуса, плотность, воздушный, водный режимы и другие [1, 2, 3]. Всё это отрицательно влияет на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов [4, 5].

В специальной литературе опубликовано много статей, касающихся состояния почвенного плодородия в разных регионах страны [1, 6, 7]. Подавляющее большинство учёных и специалистов сходятся во мнении о развитии альтернативного земледелия, то есть органического, что позволит сохранить экологическое равновесие и даст возможность производить здоровую продукцию питания для людей и животных [7, 8, 9, 10].

Органическим земледелием на кафедре Биотехнологии и селекции в растениеводстве ГАУ Северного Зауралья начали заниматься с 1994 года.

Для ведения исследований разработан севооборот [6, 10, 11]:

1. двойной сидеральный пар из озимой ржи + горчица белая или мелкосемянный горох – Омский 9;
2. яровая пшеница, ранние сорта + рапс на сидерат;
3. картофель, раннеспелые сорта + озимая рожь на семена;
4. ячмень или овёс раннего срока сева + мелкосемянный горох на семена;
5. картофель + сидерат из белой горчицы.

Цель исследований: изучить урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля Чароит и Метеор в условиях органического земледелия в северной лесостепи Тюменской области.

Условия и методика исследований

Исследования проведены в 2019-2022 годах на опытном поле ГАУ Северного Зауралья. Почва чернозём выщелоченный, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу, средне обеспечена азотом и фосфором, хорошо – калием, pH – 6,7, содержание гумуса – 7,2%. Содержание микроэлементов в почве удовлетворительное.

Предшественник – яровая пшеница + рапс на сидерат. Зелёную массу сидеральной культуры (170 ц/га)

запахивали пятого октября. Весной провели боронование с целью задержания влаги в почве, затем при температуре +10...+12°C на глубине 10-12 см проводили фрезерование, нарезку гребней и посадку пророщенными клубнями. Схема посадки 75x30 см, площадь делянки 50 м², учётная – 30 м², повторность четырёхкратная, расположение делянок рендомизированное. Перед посадкой клубни обрабатывали биорегулятором роста Росток, 0,5 л/т, а также в фазу бутонизации растения обрабатывали препаратом Иммуноцитифит, 0,5 г/га. Минеральные удобрения не вносили.

Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки и окучивание.

Наблюдения и учёты проведены по методикам Государственного сортоиспытания [12]; качество клубней определяли по методикам ВНИИХ им. А.Г. Лорха [13]; площадь листьев определяли по методике А.А. Ничипоровича [14], с помощью метода «высечек»; содержание нитратов в клубнях картофеля определяли потенциометрическим методом по ГОСТ 34570-2019; математическую обработку данных провели с использованием MS Excel 2010 по методикам Б.А. Доспехова [15].

Результаты исследований и обсуждение

В экологическом испытании оба сорта, по многолетним данным, оценены положительно [12]. Они достаточно хорошо адаптированы к условиям северной лесостепи Тюменской области. Оба сорта крупноклубневые, представляют интерес для частного сектора и выращивания в условиях органического земледелия.

Погодные условия в годы исследований были контрастными. Так, в 2019 году почва весной прогревалась долго, всходы картофеля появились на 8-10 суток позже обычного, 2021 год был жарким и сухим, что отрицательно повлияло на формирование надземной массы растений и клубнеобразование. 2020 и 2021 годы по влагообеспеченности и температурному режиму были благоприятными для роста растений картофеля и формирования клубней [16].

По продолжительности вегетационного периода сорта Чароит и Метеор не уступали стандарту Жуковский ранний (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода сортов картофеля, 2019-2022 годы
Table 1. The duration of the growing season of potato varieties, 2019-2022

Сорт	Вегетационный период, суток					К стандарту, ±
	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	среднее	
Жуковский ранний, стандарт	90	82	74	81	82	-
Чароит	88	80	72	82	80	-2
Метеор	91	81	73	83	82	0
НСР ₀₅	2,0	1,5	1,5	1,0	1,5	-

Таблица 2. Площадь листьев сортов картофеля в условиях органического земледелия
Table 2. Leaf area of potato varieties under organic farming conditions

Сорт	Площадь листьев, тыс. м ² /га					К стандарту, ±
	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	среднее	
Жуковский ранний, стандарт	32,8	27,3	21,7	30,4	28,0	-
Чароит	34,0	29,5	23,2	33,1	29,9	+1,9
Метеор	33,6	28,0	20,9	32,0	28,6	+0,6
НСР ₀₅	2,1	1,6	1,2	1,8	1,7	-
НСР ₀₅					2,16	-

Примечание: $T_{\text{факт}}(3,95) > T_{0,5}(2,26)$;
Ошибка разности средних ($Sd=1,35$ т/га);
Ошибка средней арифметической ($S_{\bar{x}}=0,96$ т/га)

Во все годы исследований уборка изучаемых сортов картофеля проходила в третьей декаде августа при благоприятной погоде.

Физиологической основой формирования урожайности клубней является площадь листьев и продуктивность фотосинтеза. Важно чтобы максимальная площадь листьев сформировалась к фазе цветения, а далее накапливаемые пластические органические вещества должны направляться на формирования клубней [17, 18].

В условиях органического земледелия изучаемые сорта картофеля сформировали хорошо развитую листовую поверхность за исключением 2021 года (табл. 2).

Исследуемые сорта Чароит и Метеор несущественно превышают по площади листьев картофеля стандартный сорт Жуковский ранний. Существенных различий по площади листьев в вариантах опыта по исследуемым годам не выявлено. Чистая продуктивность фотосинтеза у сортов картофеля находилась в пределах 4,4-5,2 г/м²*сутки. В лучшую сторону выделился сорт Чароит.

Используемые протравитель клубней и биорегуляторы роста растений в определённой мере сдерживали

развитие растений и защищали растения картофеля от вредителей, хотя вопрос в своём решении оказался сложным. Необходимо дальше подбирать биоинсектициды и биофунгициды для защиты растений картофеля. Вместе с тем следует отметить, что в производстве пока нет вариантов, где можно полностью отказаться от средств химической защиты растений и перейти на органическое возделывание картофеля [2, 19].

Изучаемые сорта картофеля в годы исследований сформировали в условиях органического земледелия вполне приемлемую урожайность клубней (табл. 3).

Исследуемые сорта Чароит и Метеор существенно превышают по урожайности стандартный сорт Жуковский ранний. Из анализа данных таблицы 3 видно, что в 2021 году урожайность сортов картофеля была минимальной и составила 16,2-18,6 т/га. При этом в лучшую сторону выделился сорт Чароит. Максимальная урожайность получена в 2022 году – 24,7-26,0 т/га. Более урожайным был сорт Метеор. В среднем за четыре года исследований сорта Чароит и Метеор превысили стандарт на 1,1-1,4 т/га при урожайности последнего 20,6 т/га.

При выращивании отмеченных сортов картофеля с использованием минеральных удобрений и средств

Таблица 3. Урожайность сортов картофеля в условиях органического земледелия
Table 3. Productivity of potato varieties in organic farming

Сорт	Урожайность, т/га					К стандарту, ±
	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	среднее	
Жуковский ранний, стандарт	20,1	21,5	16,2	24,7	20,6	-
Чароит	19,0	23,8	18,6	25,3	21,7	+1,1
Метеор	21,9	22,4	17,9	26,0	22,0	+1,4
НСР ₀₅	0,7	0,9	0,6	1,1	0,8	-
НСР ₀₅					0,31	-

Примечание: Ошибка разности средних ($Sd=0,14$ т/га);
Ошибка средней арифметической ($S_{\bar{x}}=0,52$ т/га)
 $T_{\text{факт}}(2,44) > T_{0,5}(2,26)$

Таблица 4. Качество клубней картофеля, полученных в условиях органического земледелия, 2019-2022 годы
Table 4. Quality of potato tubers obtained in organic farming, 2019-2022

Сорт	Выравненность клубней, %	Содержание				Вкусовая оценка, балл
		сухое вещество, %	крахмал, %	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	
Жуковский ранний, стандарт	92,7	18,3	13,2	17,8	65	3,8
Чароит	89,4	21,0	14,6	16,4	71	4,3
Метеор	94,1	19,8	13,9	15,6	59	4,1
НСР ₀₅	2,3	1,2	0,7	0,9	11	0,2

химической защиты растений урожайность была на 25-30% выше по сравнению с органическим земледелием [11, 19, 20]. Учитывая сохранение благоприятной экологической обстановки, повышения почвенного плодородия, получение безопасной продукции, необходимо целенаправленно развивать органическое земледелие.

Отметим, что за три десятка лет в разработанном севообороте с использованием сидеральных удобрений содержание гумуса увеличилось на 1,2%, плотность почвы снизилась с 1,4 до 1,0-1,2 г/см³, в лучшую сторону изменилась структура почвы, активизировалась почвенная биота. Прежние марки отечественных тракторов стали производительнее обрабатывать почву и расходовать на каждый гектар меньше топлива [1, 2, 9].

Полученный в условиях органического земледелия картофель оценивали также по показателям качества клубней (табл. 4).

Допустимый уровень содержания нитратов в продуктах растительного происхождения СанПиН 42-123-4619-88, в том числе в клубнях картофеля в открытом грунте не более 250 мг/кг сырой массы. По данным таблицы 4 мы видим, что в условиях органического земледелия все исследуемые сорта по содержанию нитратов не превышали допустимые нормы ПДК и составили от 59 мг/кг у сорта Метеор до 71 мг/кг у сорта Чароит. Известно, выравненность клубней и вкусовая оценка, это в большей степени признак сортовой, который не зависит от способов возделывания. Но по данным оценки в данном опыте, мы видим, что самый высокий % выравненности у сорта Метеор и составил 94,1%, а самый низкий у сорта Чароит – 89,4%. Хотя, по вкусовой оценке, напротив выделяется сорт Чароит – 4,3 балла.

При производстве картофеля в условиях органического земледелия наблюдается высокое содержание сухого вещества в клубнях картофеля у сорта Чароит – 21,0% и Метеор – 19,8, что на 1,5-2,7% выше, чем у стандартного сорта Жуковский ранний – 18,3%. По содержанию крахмала наблюдается наиболее высокое содержание у сорта Чароит и составило 14,6%, что на 1,4% выше, чем у стандартного сорта Жуковский ранний – 13,2%. У сорта Метеор содержание крахмала – 13,9%, что составило в пределах ошибки опыта.

Обсуждение

В Тюменской области, как и Сибири в целом, имеются огромные природные ресурсы: залежи торфа, сапропель, птичий помёт, навоз КРС и лошадей, сидеральные зелёные удобрения для развития органического земледелия.

На сегодня в области успешно проводятся научные исследования по органическому земледелию в картофелеводстве. Подобрана линейка сортов картофеля разных групп спелости для возделывания в условиях органического земледелия. Изученные нами сорта Чароит и Метеор тоже пригодны для органического земледелия.

Ежегодно опытное поле посещают и интересуются органическим картофелеводством фермеры и картофелеводы-любители. Для развития органического земледелия в общественном секторе АПК пока проявляется слабый интерес. Каждый год промедления в решении отмеченной проблемы приводит к негативным последствиям и к большой затрате денежных средств в будущем на восстановление в том числе почвенного плодородия.

Заключение

При изучении в 2019-2022 годах сортов Чароит и Метеор в условиях органического земледелия по урожайности в среднем за четыре года исследований сорта Чароит и Метеор превысили стандартный сорт Жуковский ранний на 1,1-1,4 т/га при урожайности последнего 20,6 т/га.

По качеству клубней картофеля высокое содержание сухого вещества в клубнях картофеля у сорта Чароит – 21,0% и Метеор – 19,8, что на 1,5-2,7% выше, чем у стандартного сорта Жуковский ранний – 18,3%. По содержанию крахмала наблюдается наиболее высокое содержание у сорта Чароит и составило 14,6%, что на 1,4% выше, чем у стандартного сорта Жуковский ранний – 13,2%. У сорта Метеор содержание крахмала – 13,9%, что составило в пределах ошибки опыта. В условиях органического земледелия все исследуемые сорта по содержанию нитратов не превышали допустимые нормы ПДК и составили от 59 мг/кг – у сорта Метеор до 71 мг/кг – у сорта Чароит.

Об авторах:

Юрий Павлович Логинов – доктор с.-х. наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, loginov.yup@gausz.ru

Анастасия Афонасьевна Казак – доктор с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой,
<https://orcid.org/0000-0002-0563-3806>,
 автор для переписки, kazakaa@gausz.ru

Андрей Сергеевич Гайзатулин – старший лаборант, аспирант,
<https://orcid.org/0000-0001-6026-0371>, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru

About the Authors:

IYuri P. Loginov – Doc. Sci. (Agriculture), Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, loginov.yup@gausz.ru

Anastasia A. Kazak – Doc. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the
 Department, <https://orcid.org/0000-0002-0563-3806>,
 Correspondence Author, kazakaa@gausz.ru

Andrey S. Gayzatulin – Senior Laboratory Assistant, PhD student,
<https://orcid.org/0000-0001-6026-0371>, gajzatulinas.20@ati.gausz.ru

• Литература

1. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Абрамов О.Н., Устинов Н.Н. Агроэкономическая эффективность точного земледелия. *Техника и оборудование для села*. 2011;(9):43-45. EDN OGBFSF.
2. Абрамов Н.В., Оксукбаева А.М. Влияние различных систем обработки почвы на гумусное состояние лугово-черноземной почвы. *Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России: сборник трудов национальной научно-практической конференции, Тюмень, 01–03 ноября 2022 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья*, 2022. С. 6-18. EDN NCPKJU.
3. Васильев А.А., Горбунов А.К., Бобоев Д.А., Глаз Н.В. Влияние гербицидов на сеgetальный компонент и урожайность картофеля в лесостепной зоне Челябинской области. *Земледелие*. 2022;(3):42-48. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-3-42-45>. EDN MEXOXQ.
4. Жигадло Т.Э. Биологические особенности развития ранних сортов картофеля в условиях Мурманского региона. *Овощи России*. 2022;(4):40-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-40-45>. EDN CWETFS.
5. Морковкин Г.Г., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б. [и др.]. Динамика состояния почвенного покрова и показателей плодородия почв основных природно-почвенных зон Алтайского края. *Вестник алтайской науки*. 2015;1(23):212-222. EDN UAOKAP.
6. Каюгина С.М., Еремин Д.И. Физико-химические свойства серых лесных почв восточной окраины Зауральского Плато. *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2022;15(4):471-490. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0399>. EDN YOCLPO.
7. Мамышов М.М. Охрана почвенного плодородия - залог агроэкологической безопасности страны. *Почвоведение и агрохимия*. 2008;(1):95-99. EDN FYKMPR.
8. Васильев А.А. Влияние протравливания и сроков посадки клубней на продуктивность картофеля. *Защита и карантин растений*. 2021;(2):42-43. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_2_42. EDN PXQDTH.
9. Еремин Д.И., Каюгина С.М. Агрофизические свойства темно-серых лесных почв Северного Зауралья. *Вестник Курганской ГСХА*. 2022;2(42):3-10. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_3. EDN AJNOBC.
10. Кулагина В.И., Григорьян Б.Р. Национальная безопасность и состояние почвенного покрова страны. *Сборники конференций НИЦ Социосфера*. 2014;(63):71-73. EDN TGPOTL.
11. Логинов Ю.П., Гайзатулин А.Б. Сорт картофеля – основной элемент в развитии органического земледелия. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020;2(82):87-92. EDN SNFHEA.
12. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: 2015. 61 с.
13. Жевора С.В., Федотова Л.С., Старовойтов В.И., Зейрук В.Н., Коршунов А.В., Пшеченков К.А., Тимошина Н.А., Мальцев С.В., Старовойтова О.А., Васильева С.В., Васильева С.В., Шабанов А.Э., Деревягина М.К., Белов Г.Л., Киселев А.И., Князева Е.В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. Москва: ФГБНУ ВНИИХ, 2019. 120 с.
14. Ничипорович А.А. Методика изучения площади листьев и продуктивности сельскохозяйственных культур. М., 1967. 54 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor>
17. Васильев А.А., Дергилева Т.Т. Интенсивные сорта картофеля для возделывания на Южном Урале. *Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: Сборник трудов 5-й научно-практической конференции с международным участием, Челябинск, 28 февраля 2023 года. Челябинск: Челябинский государственный университет*, 2023. С. 46-53. EDN WFVDVQ.
18. Засорина Э.В., Комарицкая Е.И., Машошин А.В. Эффективность применения препаратов органического земледелия в картофелеводстве. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;(1):49-55. EDN FGPFSL.
19. Васильев А.А. Картофель. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2021. 219 с. ISBN 978-5-7271-1717-0. EDN FTAXBV.
20. Логинов Ю.П., Казак А.А., Гайзатулин А.С. Урожайность и качество клубней селекционных линий картофеля в условиях органического земледелия в северной лесостепи Тюменской области. *Вестник ИРГСХА*. 2020;(96):31-42. EDN LAARMM.

• References

1. Abramov N.V., Semizorov S.A., Abramov O.N., Ustinov N.N. Agro-economic efficiency of precision farming. *Machinery and equipment for rural area*. 2011;(9):43-45. (In Russ.) EDN OGBFSF.
2. Abramov N.V., Oksukbaeva A.M. Influence of various tillage systems on the humus state of the meadowchernozem soil. *Integration of science and education in agricultural universities to ensure food security in Russia: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Tyumen, November 01–03, 2022. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals*, 2022. P. 6-18. (In Russ.) EDN NCPKJU.
3. Vasiliev A.A., Gorbunov A.K., Boboev D.A., Glaz N.V. Influence of herbicides on the segetal component and potato yield in the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region. *Zemledelie*. 2022;(3):42-48. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-3-42-45>. (In Russ.) EDN MEXOXQ.
4. Zhigadlo T.E. Biological features of the development of early potato varieties in the Murmansk region. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):40-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-40-45>. EDN CWETFS.
5. Morkovkin G.G., Baykalova T.V., Maximova N.B., Ovtsinov V.I., Litvinenko E.A., Dyomina I.V., Dyomin V.A. The dynamics of the soil cover state and the indicators of soil fertility of the major natural soil zones of the Altai Region. *Vestnik altaiskoy nauki*. 2015;1(23):212-222. (In Russ.) EDN UAOKAP.
6. Kayugina S.M., Eremin D.I. Physicochemical properties of gray forest soils on the eastern outskirts of the Trans-Ural plateau. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2022;15(4):471-490. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0399>. (In Russ.) EDN YOCLPO.
7. Mamyshev M.M. Protection of soil fertility is the key to agro-ecological security of the country. *Soil science and agrochemistry*. 2008;(1):95-99. (In Russ.) <https://elibrary.ru/FYKMPR>.
8. Vasiliev A.A. The effect of dressing and the timing of planting tubers on the productivity of potatoes. *Plant protection and quarantine*. 2021;(2):42-43. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_2_42. EDN PXQDTH.
9. Eremin D.I., Kayugina S.M. AGROPHYSICAL Properties of dark grey forest soils of the Northern Trans-Urals. *Bulletin of the Kurgan GSHA*. 2022;2(42):3-10. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_42_3. (In Russ.) EDN AJNOBC.
10. Kulagina V.I., Grigoryan B.R. National security and the state of the soil cover of the country. *Collections of conferences SIC Sociosphere*. 2014;(63):71-73. (In Russ.) EDN TGPOTL.
11. Loginov Yu.P., Gayzatlin A.S. The potato variety is a key element in the development of organic farming. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2020;2(82):87-92. (In Russ.) EDN SNFHEA.
12. Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Potatoes, vegetables and gourds. M.: 2015. 61 p. (In Russ.)
13. Zhevara S.V., Fedotova L.S., Starovoitov V.I., Zeiruk V.N., Korshunov A.V., Pshechenkov K.A., Timoshina N.A., Maltsev S.V., Starovoitova O.A., Vasilyeva S.V., Vasilyeva S.V., Shabanov A.E., Derevyagina M.K., Belov G.L., Kiselev A.I., Knyazeva E.V. Methodology for conducting agrotechnical experiments, records, observations and analyzes on potatoes. M., 2019. 120 p. (In Russ.)
14. Nichiporovich A.A. Methodology for studying the area of leaves and the productivity of agricultural crops. M., 1967. 54 p. (In Russ.)
15. Dospekhov B.A. Methods of field experience. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
16. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor>.
17. Vasiliev A.A., Dergileva T.T. Intensive potato varieties for cultivation in the Southern Urals. *Actual issues of horticulture and potato growing: Proceedings of the 5th scientific and practical conference with international participation, Chelyabinsk, February 28, 2023. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University*, 2023. C. 46-53. (In Russ.) EDN WFVDVQ.
18. Zazorina E.V., Komaritskaya E.I., Mashoshin A.V. The effectiveness of the use of organic farming preparations in potato growing. *Bulletin of the Kursk state agricultural academy*. 2022;(1):49-55. (In Russ.) EDN FGPFSL.
19. Vasiliev A.A. Potato. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University, 2021. 219 p. ISBN 978-5-7271-1717-0. (In Russ.) EDN FTAXBV.
20. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Gaisatulin A.S. Yield and quality of tubers of selection lines of potato under conditions of organic agriculture in the north forest steppe of Tyumen Region. *Vestnik IIRGSHA*. 2020;(96):31-42. (In Russ.) EDN LAARMM.



УРАЛХИМ



Водорастворимые удобрения «Уралхим»: доказанная эффективность!

В линейке продукции «ОХК «Уралхим» водорастворимые удобрения занимают очень важное место. Из-за своей высокой эффективности они пользуются массовым спросом среди сельхозпроизводителей и используются на российских полях всё более широко и интенсивно. Вот почему «Уралхим» сформировал полный ассортимент водорастворимых удобрений, включающий как базовые продукты, так и готовые формуляции NPK с микроэлементами. О том, какими преимуществами для аграриев обладают удобрения линеек водорастворимых удобрений SOLAR и AQUADROP, мы расскажем в этой статье.

Удобрения марки SOLAR

SOLAR – это линейка водорастворимых удобрений от «ОХК «Уралхим», которые благодаря отсутствию хлора отлично подходят для использования на культурах закрытого грунта. Также удобрения данной линейки пригодны для внесения с системой фертигации и проведения внекорневых подкормок.

В частности, важным источником кальция и азота для ваших культур станет **нитрат кальция концентрированный**. Содержание действующего вещества в этом удобрении достигает 98%, что выше, чем у аналогов. Нитрат кальция способствует стрессоустойчивости растений, повышает качество плодов и срок их хранения.

Наряду с «чистым» нитратом кальция «Уралхим» выпускает продукты с добавлением бора и магния. Удобрение с магнием в составе повышает доступность фосфора, активизирует ферменты и ускоряет синтез углеводов. Нитрат кальция с магнием подходит таким культурам, как томат, огурец, картофель, кукуруза и яблоня.

В свою очередь, нитрат кальция с бором бренда SOLAR идеален для подкормок и фертигации овощных культур, подсолнечника, сахарной свёклы, льна и хлопка. Микродобавка бора, чья массовая доля в составе удобрения составляет порядка 1%, стимулирует цветение и плодоношение культур, повышает их продуктивность. А высокая концентрация нитратов кальция, в пересчёте на CaO до 32%, – улучшает качество плодов, их товарный вид и лёжкость.

Среди других удобрений линейки SOLAR отметим **калиевую селитру** с массовой долей нитратного азота на уровне 13,7% и калия в пересчёте на K₂O не менее 46,2%. Такой

состав удобрения способствует повышению стрессоустойчивости растений, стимулирует интенсивность фотосинтеза и окислительных процессов.

Ещё одно высокоэффективное удобрение марки SOLAR – **моноаммонийфосфат**. Массовая доля водорастворимых фосфатов в пересчёте на P₂O₅ достигает в нём 61%, а аммонийного азота – 12%. Регулярное применение моноаммонийфосфата полностью обеспечивает сельхозкультуры легкоусвояемым фосфором, играющим важную роль в формировании корневой системы растений. Поэтому удобрение оптимально для внесения на ранних стадиях вегетации культур.

Нитрат кальция концентрированный, калиевая селитра и моноаммонийфосфат – это базовые водорастворимые удобрения. Наряду с ними «ОХК «Уралхим» предлагает 8 марок готовых NPK-удобрений, подходящих и для листовых подкормок, и для системы фертигации. Все удобрения отличаются от аналогов гомогенным гранулометрическим составом.

Для проведения подкормок на ранних этапах вегетации всех сельскохозяйственных культур идеально подходят удобрения марки SOLAR Старт – 13:40:13+МЭ, 11:40:11+2MgO+МЭ и 15:30:15+2MgO+МЭ. Благодаря высокому содержанию фосфора они стимулируют развитие корневой системы, улучшают усвоение растениями питательных элементов, повышают продуктивность культур и товарные качества продукции.

Для комплексного питания растений на всех фазах роста применяют удобрения SOLAR Универсал – 18:18:18+3MgO+МЭ, 19:19:19+МЭ и 20:20:20+МЭ. Они способствуют правильному развитию растений, повышают их

устойчивость к климатическим стрессам, пестицидным обработкам и повреждению болезнями и вредителями.

Наконец, на заключительных стадиях развития растений рекомендуем провести обработку высококалийными удобрениями **SOLAR Финал** – 15:7:30+3MgO+МЭ или 12:6:36+2,5MgO+МЭ. Такая обработка позволяет достичь интенсивного плодоношения и дружного созревания плодов, улучшает их товарные качества и лёжкость. Кроме того, удобрения **SOLAR Финал** стимулируют устойчивость растений к засухе.

Комплексные удобрения линейки **AQUADROP**

Для капельного орошения плодовых и овощных культур открытого грунта компанией «Уралхим» создана линейка водорастворимых комплексных удобрений **AQUADROP**. В каждом из них соотношение питательных элементов подобрано так, чтобы обеспечить растениям полноценное питание на всех этапах развития.

Все марки линейки **AQUADROP** полностью безопасны для систем капельного полива. Однако, следует учитывать, что применять удобрения данной линейки в закрытом грунте не допускается из-за наличия в составе хлора.

В частности, в удобрении **AQUADROP KCl** максимальное содержание калия среди аналогов. Доля калия в нем в пересчёте на K_2O составляет 62%. Такой состав удобрения позволяет значительно увеличить урожайность сельхозкультур.

Для повышения содержания фосфора в почве рекомендуем удобрение **AQUADROP NPK 13:40:13**: массовая доля водорастворимых фосфатов в пересчёте на P_2O_5 достигает в нём 40%. В свою очередь, при необходимости увеличения объёма калия в минеральном питании растений стоит предпочесть марку **AQUADROP NPK 5:15:45**, в составе которой массовая доля калия в пересчёте на K_2O достигает 45%.

Наряду с удобрениями, в которых преобладает количество того или иного элемента, «Уралхим» предлагает и марки со сбалансированным составом. В частности, равные пропорции азота, фосфора и калия содержатся в таких удобрениях, как **AQUADROP NPK 18:18:18** и **AQUADROP NPK 20:20:20**.

Производственные испытания на подсолнечнике

Для получения точных данных о влиянии листовых подкормок на основе удобрений «ОХК «Уралхим» на урожайность сельхоз-

культур, специалисты компании проводят регулярные производственные испытания. В частности, в 2022 году в Ульяновской области был поставлен опыт на подсолнечнике, гибрид Пионер LE 122. Тип почвы на участке – серая лесная, среднесуглинистая, гумус – 3,8%, кислотность – 5,28 pH. При посеве в качестве фона и на хозяйственном варианте, и на варианте «ОХК «Уралхим»» вносились азодоска 16:16:16 (50 кг/га). Затем в фазу 1-2 пары настоящих листьев (12-14 BBCH) на опытном участке вносилось удобрение **SOLAR NPK micro Старт** 11:40:11+2MgO+МЭ (3 кг/га), а на контрольном участке никаких дополнительных удобрений внесено не было.

В результате урожайность подсолнечника на опытном участке достигла 19,18 ц/га, в то время как на хозяйственном участке – только 15,21 ц/га. Средний диаметр корзинки – 13,13 см на опытном участке против 10,30 см на контрольном варианте, средняя масса семян с корзинки – 43,73 г против 36,91 г соответственно, масса 1000 штук семян – 47,5 г против 36,0 г.

Рост урожайности благодаря внесению удобрения от «Уралхим» составил 26,1%. Дополнительные затраты на минеральные удобрения и агротехнические работы – 933 руб./га. При цене продукции в 20 тыс. руб./т прибавка урожайности составила 7938 руб./га. Это означает чистую прибыль на уровне 7005 рублей с гектара.

Высокая эффективность водорастворимых удобрений многократно доказана и производственными испытаниями, и повседневной практикой сельхозпроизводителей. Удобрения марок **SOLAR** и **AQUADROP** от «Уралхим» благодаря их качеству, лёгкой усвояемости растениями и сбалансированному составу оказывают мощное благотворное влияние на развитие сельхозкультур, повышают урожайность и качество собранной продукции. А прибыль, получаемая благодаря точному и своевременному внесению водорастворимых удобрений, многократно превышает затраты на проведение подкормок.

Аграрий, применяющий удобрения «Уралхим», может не беспокоиться о рентабельности своего бизнеса!

г. Москва, Пресненская набережная, д.6, стр.2

Тел.: +7 (495) 721-89-89

www.uralchem.ru

www.agro.uralchem.ru

E-mail: marketing@uralchem.com





ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

БОЛЬШОЙ ВЫБОР СЕМЯН от ведущего производителя в России

КОНТАКТЫ:

Отдел продаж ФГБНУ ФНЦО: +7(495)594-77-17, +7(903)190-46-55

E-mail: info@vniissok.com

Интернет-магазин: www.vniissok.com

Магазин "Семена ВНИССОК":

Адрес: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Липовая, д.2

График работы: понедельник-пятница 9.00-18.00, суббота 9.00-17.00, воскресенье 9.00-14.00

В нашем магазине Вы всегда можете самостоятельно купить семена, свежие овощи, рассаду, цветы, а также сопутствующие товары.



на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com