

# Овощи России

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

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

4 2022

VEGETABLE  
crops of RUSSIA  
Scientific peer-reviewed journal

## МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И СЕРВИС



### АЗОТНЫЕ

Аммиачная селитра  
Азотофосфат 33:3  
Известково-аммиачная селитра  
Кальцийазотосульфат  
Сульфонитрат NS 30:7  
Карбамид (Мочевина)



### СЛОЖНЫЕ

Диаммофоска  
NPKS 10:26:26:2  
NPKS 8:20:30:3  
NPKS 10:20:20:6  
NPKS 15:15:15:11  
NPKS 15:15:15:11+БИО  
Азофоска NPKS 27:6:6:2  
Нитроаммофоска  
NPKS 22:7:12:2, NPK 16:16:16



### ФОСФОРНЫЕ И КАЛИЙНЫЕ

Аммофос  
NP 12:52  
Калий  
хлористый



### ВОДОРАСТВОРИМЫЕ



Нитрат кальция



Нитрат кальция  
с бором



Моноаммонийфосфат  
водорастворимый NP 12:61



Калиевая  
селитра



NPK Micro, Старт,  
Универсал, Финал



AquaDrop  
NPK, KCl



### 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 агропроектирование 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.



### Агро-скаутинг

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

**УРАЛХИМ**

тел.: +7 (495) 721-89-89  
[uralchem.ru](http://uralchem.ru), [agro.uralchem.ru](http://agro.uralchem.ru)



на правах рекламы



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



Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в  
**IX Международной научно-практической конференции**  
**«Современные тенденции в селекции и семеноводстве тыквенных культур.**

**Традиции и перспективы»**,  
которая состоится

**1-4 августа 2022 года**

**на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»**  
**(Московская обл., Одинцовский г.о., пос. ВНИССОК)**

### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ**

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

Конференция будет проводиться в смешанном (очно-дистанционном) формате.

**Формы участия:** устный доклад, онлайн доклад, стендовый доклад, заочное участие.

**Рабочие языки конференции:** русский и английский.

**Регламент:** доклады – 20 мин., сообщения – 15 мин., выступления – 5 мин.

Стендовая презентация не должна превышать формат 1 x 1 м.

Заявки на участие присылать по электронной почте: 100vniissok@mail.ru

**Контакты:**

Главный редактор: Тареева Марина Михайловна, vegetables.of.russia@yandex.ru

Координаторы конференции:

Коротцева Ирина Борисовна, тел.: 8 916 488 16 37, korottseva@mail.ru

Романов Валерий Станиславович, тел.: 8 926 375 52 47;

Пинчук Елена Владимировна, тел.: 8 916 806 00 12, 100vniissok@mail.ru

Дополнительная информация размещена на сайте ФГБНУ ФНЦО  
<http://www.vniissok.ru>

## Главный редактор

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

**С.Р. Аллавердиев** – 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**И.Г. Ушачев** – 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

**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](mailto:vegetables.of.russia@yandex.ru)

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

**Тираж 100 экземпляров.**

**Дата выхода в свет: 20.07.2022**

**Цена свободная**

**Отпечатано в типографии:**

ООО «ПРИНТ»

426035, г. Ижевск,

ул. Тимирязева, д. 5, оф. 5

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 FSVC), Moscow region, Russia

## EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

**Agnieszka Sękara** – Assoc. Prof., Department of Horticulture, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture, Krakow, Poland

**Radhey Shyam Singh** – Assistant Professor cum Junior Scientist, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan Bharti Agriculture College, Agwanpur, Saharsa-852202, Bihar Agricultural University, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India

**Zhivko P. Danailov** – Professor, Dr. Sci. (Agriculture), Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Plant Physiology and Genetics, Sofia, Bulgaria

**Surhay R. Allahverdiev** – Dr. Sci. (Biology), Professor, Bartin University, Turkey

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

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

**Ibrahim Hasan oglu Jafarov** – Corresponding Member of ANAS, Professor, Dr. Sci. (Agriculture), 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 FSVC), Moscow region, Russia

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

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

**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

**Ludmila 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

**Ludmila V. Grigoryeva** – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, 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. Pylnev** – Dr. Sci. (Agriculture), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Circulation is 100 copies. Free price. Published: 20.07.2022**

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

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

Published since 2008. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 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****Коротцева И.Б.**

Основные направления и задачи селекции тыквенных культур ФГБНУ  
«Федеральный научный центр овощеводства» ..... 5

**Чистякова Л.А., Бакланова О.В.**

Селекция гибридов партенокарпического огурца для необогреваемых теплиц..... 11

**Лазыко 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. .... 17

**Варивода Е.А., Варивода Г.В., Вербитская О.Г.**

Оценка степени доминирования и  
гетерозисного эффекта гибридов арбуза столового. .... 23

**Хакимов Р.А., Халимова М.У.**

Селекция дыни на устойчивость к болезням в Республике Узбекистан. .... 28

**Волков Д.И., Собко О.А., Фисенко П.В.,****Мацшина Н.В., Гисюк А.А., Ким И.В., Ермак М.В.**

Использование клеточного счетчика для анализа  
морфологических характеристик и количественной оценки крахмальных гранул  
различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) ..... 33

**Жигадло Т.Э.**

Биологические особенности развития ранних  
сортов картофеля в условиях Мурманского региона. .... 40

**Гончаров А.В., Голубкина Н.А.,****Пивоваров В.Ф., Гаспарян И.Н., Карузо Д.**

Сравнительная оценка биохимических показателей и  
минерального состава плодов *Cucurbita ficifolia*, *C. maxima* и *C. moschata*..... 46

**САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Мавлянова Р.Ф., Лян Е.Е.**

Повышение урожайности дыни в теплице при вегетативной прививке на подвои кабачка. .... 55

**Борисов В.А., Соснов В.С., Меньших А.М., Васючков И.Ю.**

Эффективность основного внесения удобрений и подкормок томата  
при капельном орошении на обыкновенных чернозёмах Ростовской области. .... 60

**Харченко В.А., Молдован А.И., Амагова З.А.,****Голубкина Н.А., Мацадзе В.Х., Карузо Д.**

Влияние внекорневой подкормки селенатом натрия на пищевые характеристики  
и качество семян *Cryptotaenia japonica* и *Petroselinum crispum*. .... 65

**Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Пивоваров В.Ф., Павлов Л.В.**

Исследование и создание рабочих органов устройства выделителя семян томата. .... 73

**Рябчикова Н.Б., Корнилова М.С.**

Влияние регуляторов роста на длину вегетационного периода  
и созревание среднеспелой дыни Осень..... 80

**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Верижникова А.А., Прудникова Е.Г.**

Влияние инновационных регуляторов роста растений  
на физиолого-биохимические показатели и урожайность *Solanum tuberosum* L. .... 86

**Слетова М.Е.**

Видовой состав возбудителей  
настоящей мучнистой росы тыквенных культур. .... 91

**BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**

**Korottseva I.B.**

The main directions and tasks of pumpkin crop breeding of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center» ..... 5

**Chistyakova L.A., Baklanova O.V.**

Breeding of parthenocarpic cucumber hybrids for unheated greenhouses ..... 11

**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 ..... 17

**Varivoda E.A., Varivoda G.V., Verbitskaya O.G.**

Evaluation of the degree of dominance and heterosis effect of table watermelon according to the main economic characteristics ..... 23

**Khakimov R.A., Khalimova M.U.**

Melon breeding for disease resistance in the Republic of Uzbekistan ..... 28

**Volkov D.I., Sobko O.A., Fisenko P.V.,**

**Matsishina N.V., Gisyuk A.A., Kim I.V., Ermak M.V.**

The automated cell counter for the analysis of morphological characteristics and the quantitative estimation of starch granules in different potato varieties ..... 33

**Zhigadlo T.E.**

Biological features of the development of early potato varieties in the Murmansk region ..... 40

**Goncharov A.V., Golubkina N.A.,**

**Pivovarov V.F., Gasparian I.N., Caruso G.**

Comparative evaluation of biochemical parameters and mineral composition of *Cucurbita ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit, grown in the northern hemisphere ..... 46

**HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS**

**Mavlyanova R.F., Lyan E.E.**

Increasing the yield of melon in a greenhouse at vegetative grafting on vegetable marrow rootstocks ..... 55

**Borisov V.A., Sosnov V.S., Menshikh A.M., Vasyuchkov I.Yu.**

Efficiency of the main application of fertilizers and top dressing of tomato under drip irrigation on ordinary chernozems of the Rostov region ..... 60

**Kharchenko V.A., Moldovan A.I., Amagova Z.A.,**

**Matsadze V.Kh., Golubkina N.A., Caruso G.**

Effect of sodium selenate foliar supplementation on *Cryptotaenia japonica* and *Petroselinum crispum* nutritional characteristics and seed quality ..... 65

**Gorobey V.P., Moskalevich V.Y.,**

**Pivovarov V.F., Pavlov L.V.**

Research and creation of working organs of the tomato seed separator device ..... 73

**Ryabchikova N.B., Kornilova M.S.**

The influence of growth regulators on the ripening period, yield and quality of melon of the medium-ripened variety Osen ..... 80

**AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**

**Verizhnikova A.A., Prudnikova E.G.**

Influence of innovative plant growth regulators on physiological and biochemical parameters and yield of *Solanum tuberosum* ..... 86

**Sletova M.E.**

Species composition and identification of pathogens of real powdery mildew of pumpkin crops ..... 91

## Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-5-10>  
УДК 635.62:631.52

**И.Б. Коротцева**

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

\*Адрес для переписки: korottseva@mail.ru

**Конфликт интересов.** Автор заявляет  
об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Коротцева И.Б. Основные  
направления и задачи селекции тыквенных  
культур ФГБНУ «Федеральный научный  
центр овощеводства». *Овощи России*.  
2022;(4):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-5-10>

**Поступила в редакцию:** 25.06.2022

**Принята к печати:** 11.07.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

**Irina B. Korottseva**

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

\*Corresponding author: korottseva@mail.ru

**Conflict of Interest.** The author declare  
no conflict of interest.

**For citations:** Korottseva I.B. The main direc-  
tions and tasks of pumpkin crop breeding of the  
FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center".  
*Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):5-10. (In  
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-5-10>

**Received:** 25.06.2022

**Accepted for publication:** 11.07.2022

**Published:** 20.07.2022

# Основные направления и задачи селекции тыквенных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»



## Резюме

Важным сегментом в структуре выращиваемых овощных культур являются тыквенные культуры. Их селекция в основном направлена на скороспелость, повышенную устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам и наиболее вредоносным заболеваниям (настоящая и ложная мучнистая роса, оливковая, угловатая и бурая пятнистости, антракноз, вирусы и другие болезни). В статье представлены основные направления селекционной работы по огурцу, кабачку, патиссону и тыкке в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Представлена сеть филиалов ФГБНУ «ФНЦО», занимающихся созданием новых сортов, с заданными параметрами, по вышеуказанным культурам. Показаны особенности селекционной работы по тыквенным культурам в различных регионах РФ.

**Ключевые слова:** направления селекции, огурец, кабачок, тыква, патиссон, открытый грунт, защищенный грунт, сорт, гибрид, зона выращивания

## The main directions and tasks of pumpkin crop breeding of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center"

### Abstract

Pumpkin crops are an important segment in the structure of cultivated vegetable crops. Their selection is mainly aimed at precocity, increased resistance to adverse climatic factors and the most harmful diseases (true and downy mildew, olive, angular and brown spots, anthracnose, viruses and other diseases). The article presents the main directions of selection work on cucumber, squash, zucchini and pumpkin in the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center". A network of branches of FSBSI "FSVC" engaged in the creation of new varieties, with specified parameters, for the above crops is presented. The features of breeding work on pumpkin crops in various regions of the Russian Federation are shown.

**Keywords:** breeding directions, cucumber, zucchini, pumpkin, squash, open ground, protected ground, variety, hybrid, growing area



Искусственное опыление на семеноводческих посевах огурца (ФГБНУ ФНЦО)

Одним из основных факторов повышения урожайности и увеличения количества производимой продукции в сельском хозяйстве является развитие селекции и семеноводства. При использовании семян районированных сортов с высокими качественными характеристиками урожайность возделываемых культур повышается в среднем до 25% [1]. Проблемы, возникшие в результате кризиса, начавшегося еще в 90-х годах 20-го века в отрасли селекции и семеноводства, частично остаются нерешенными. Российское сельское хозяйство по ряду культур, в том числе овощных и картофеля, всё еще зависимо от семян импортной селекции [2,3]. Для обеспечения стабильного роста производства овощной продукции, полученной за счет применения семян новых отечественных сортов, постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 года №996, была утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг. (ФНТП), одной из подпрограмм которой должна стать: «Развитие селекции и семеноводства овощных культур» [4].

Важным сегментом в структуре выращиваемых овощных культур являются тыквенные культуры. Их селекция в основном направлена на скороспелость, повышенную устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам и наиболее вредоносным заболеваниям (настоящая и ложная мучнистая роса, оливковая, угловатая и бурая пятнистости, антракноз, вирусы и др. болезни).

Огурец – одна из ведущих овощных культур, возделываемых в открытом и защищённом грунте. В открытом грунте эта культура занимает третье место по площади после капусты и томата, в защищенном – около 70% всех площадей. Посевные площади огурца открытого грунта в России в 2021 году в хозяйствах всех категорий составили 39,0 тыс. га, что по расчетам АБ-Центр, на 3,0% (на 1,1 тыс. га) меньше, чем в 2020 году, и на 16,1% (на 7,5 тыс. га) меньше показателей пятилетней давности (2016 года). В промышленном секторе овощеводства посевные площади огурца открытого грунта в 2021 году составили 2,8 тыс. га (7,3% в общих размерах). По отношению к 2020 году, они сократились на 21,9% (на 0,8 тыс. га), за 5 лет – на 53,0% (на 3,2 тыс. га). Основные посевные площади огурца открытого грунта приходились на хозяйства населения и составили 36,2 тыс. га (92,7% в общем объеме). Но и в этом секторе за

год они сократились на 1,2% (на 0,4 тыс. га), за 5 лет – на 10,6% (на 4,3 тыс. га) [5]. Предполагается, что сокращение площадей под огурцом – результат конкуренции с мощными тепличными комбинатами южного региона, которые в 2020 году произвели более 300 тыс. т внесезонных овощей (Краснодарский край – 102,4 тыс. т, Ставропольский – 86,8, Карачаево-Черкесская Республика 42,1, Волгоградская область – 54,3 тыс. т). Успешно работают тепличники и в Дагестане, Чеченской Республике, Кабардино-Балкарии, Адыгее, к ним подключается и Крым. Выращиванию огурца стали уделять меньше внимания в связи с сокращением объемов, запрашиваемых переработчиками, а также из-за нехватки рук для уборки короткоплодных и корнишонных гибридов [6].

По данным ФАОСТАТ, Россия занимает второе место в мире по потреблению огурца (1,7 млн т) и восьмое – по потреблению томата (3,5 млн т), однако находясь лишь в третьем и втором десятке списка по потреблению на душу населения. При этом собственного производства в нашей стране недостаточно, в прошлом году Россия импортировала 460,22 и 55,2 тыс. т плодов огурца [7].

Направления селекции определяются её назначением, а также современными требованиями производства. Учитывая основные площади под огурцом, селекция стала больше ориентироваться на мелкие фермерские хозяйства и на запросы индивидуальных хозяйств.

Основная задача селекции огурца для открытого грунта – создание высокоурожайных, с дружным плодоношением гетерозисных гибридов и сортов с комплексной устойчивостью к основным болезням и урожайностью для многосборовых культур 45-70 т/га.

Мелкоплодные партенокарпические гибриды огурца для открытого грунта и весенних плёночных теплиц, универсального назначения в настоящее время пользуются большим спросом у овощеводов-любителей и фермеров. Их преимущества, по сравнению с пчёлоопыляемыми гибридами, заключаются в более высокой ранней урожайности, способности завязывать плоды в любую погоду (пасмурную, холодную, дождливую), при полном отсутствии пчёл и других насекомых, необходимых для опыления пчёлоопыляемых сортов. К сожалению, большинство партенокарпических гибридов огурца в открытом грунте имеют слабую корневую систему, отличаются низкой устойчивостью к неблагоприятным факторам



Рис. 1. Филиалы ФГБНУ ФНЦО, занимающиеся селекцией огурца  
 Fig. 1. Branches of the FSBSI FSVC, engaged in cucumber breeding

окружающей среды, а зачастую, и к болезням [8]. Сегодня существует довольно много партенокарпических гибридов огурца, в том числе и для открытого грунта, но большинство из них не предназначены для высококачественной засолки.

Селекцией огурца длительное время занимались: во ВНИИССОК (бывшая Грибовская овощная станция, ныне – головное учреждение Федерального научного центра овощеводства), ВНИИО (филиал ФГБНУ ФНЦО), а также на овощных опытных станциях: Кировской, Западно-Сибирской, Приморской, Воронежской и Бирючукской (ныне также филиалы ФГБНУ ФНЦО). В результате создано более 90 сортов и гибридов огурца для различных регионов РФ, адаптированных к местным условиям [9,10].

Из-за сложной экономической ситуации селекция огурца на Воронежской и Бирючукской станциях была приостановлена. В настоящее время ведется селекция огурца для открытого грунта, в основном, в головном учреждении Федерального научного центра овощеводства, ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО, а также на Западно-Сибирской ООС и Кировской ООС. Возобновляется работа по селекции огурца на Приморской и Бирючукской овощных опытных станциях (рис. 1).

Для Нечерноземной зоны и Сибири на первый план выходит селекция на скороспелость. Большое значение имеет выносливость к временному понижению и перепадам температур. Устойчивость к ложной мучнистой росе, оливковой и угловатой пятнистостям имеет значение для всех регионов РФ. Однако в Западной Сибири бактериоз вредит даже больше, чем пероноспора [11].

На юге России огромный урон огурцу наносят ложная мучнистая роса и бактериоз. На будущий урожай огурца может повлиять полусухой и жаркий климат. Необходима селекция на выносливость к этим факторам внешней среды [12].

На Дальнем Востоке, из-за уникальных природно-климатических условий, ежегодные эпифитотии пероноспороза огурца наблюдаются уже более полувека [13,14,15]. Климат Приморского края обладает рядом нехарактерных для других регионов стрессовых показателей. Это холодная и продолжительная весна; обильные осадки в виде ливней (тайфуны), вызывающие переувлажнение почвы; температурный максимум, приходящийся на август, а не на июль; относительно теплые сентябрь и октябрь; короткий световой день и др. В связи с этим сорта (гибриды), созданные в других регионах страны, а также большинство гибридов европейской селекции, не способны в Приморье показать свою потенциальную продуктивность [16].

Одна из главных проблем производства огурца – большие затраты на уборку урожая, которые составляют до 70% ручного труда. Опыт ряда стран (США, Италия, Франция, Германия и др.), показывает, что успешное решение производства огурца консервного типа может быть только на основе промышленной технологии возделывания, включая самый трудоемкий процесс – уборку урожая. Для этого необходимо иметь специальные сорта и гибриды, пригодные для механизированного возделывания и уборки. Основные требования к ним: короткоплетистость, высокая дружность плодообразования, высокая устойчивость к болезням, определенные



*Кабачок Корнишонный*



*Огурец Лель F1*



*Сорт огурца кустового типа Коротышка*



*Тыква Россиянка, Воронеж*



*Тыква Россиянка*

физико-механические свойства растений и плодов, способность растений переносить загущенное стояние до 100–150 и более тыс. раст./га и др. На Западно-Сибирской овощной опытной станции выведен ряд сортов и гибридов этого направления [17], необходимость продолжения работы предопределена.

Большое хозяйственное значение имеет создание салатных, транспортабельных, не желтеющих и долго сохраняющих свои качества сортов огурца. Такими качествами, как правило, обладают сорта, относящиеся к сортотипам с белым опушением плода.

По статистическим данным, в Российской Федерации потребность в огурце покрывается преимущественно за счет защищенного грунта – на 79%, открытого грунта – всего на 10%, доля импорта при этом составляет 11% [18].

По оценкам Тамары Решетниковой, генерального директора исследовательской компании «Технологии Роста», общая площадь эксплуатируемых зимних теплиц в России в 2021 году составляла 3298 га, весенних теплиц – 1017 га, парников и укрытий – 56 га. Явным лидером среди федеральных округов по валовому сбору овощей в защищенном грунте является ЦФО (35%). По прогнозам валовой сбор плодов огурца в 2022-2023 годах незначительно увеличится, лидером по производству этой продукции в России является ГК «Рост» [7].

Для защищенного грунта селекцией огурца в Федеральном центре овощеводства в настоящее время занимаются в головном учреждении и во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Основным направлением селекции огурца для защищенного грунта является создание гетерозисных гибридов партенокарпического типа, высоких вкусовых качеств, генетически без горечи, устойчивых к наиболее вредоносным болезням – аскохитозу, белой и корневому гнилям, настоящей мучнистой росе, оливковой пятнистости, ВЗКМО и др. заболеваниям, с потенциальной урожайностью для весенних теплиц (короткоплодные гибриды засолочного типа) 25-30 кг/м<sup>2</sup>, для зимних теплиц, малообъемной культуры – 30-35 кг/м<sup>2</sup>. Так как отечественный потребитель, даже во внесезонный период, предпочитает мелкоплодные бугорчатые плоды огурца, основное внимание уделяется этому направлению селекционной работы.

Значительное повышение рентабельности защищенного грунта в целом возможно лишь за счёт внедрения новых высокопродуктивных гибридов, позволяющих существенно повысить урожайность, а также за счёт новых технологий возделывания, способствующих снижению затрат на производство культуры, повышению качества продукции, за счёт оптимизации условий развития растений. В связи с этим многие тепличные комбинаты стали переводить выращивание овощных культур, в том числе и огурец, на малообъемную технологию выращивания, которая позволяет значительно повысить урожайность, качество продукции, рентабельность производства. В настоящее время малообъемная технология выращивания огурца в защищенном грунте занимает 10-15%, а в отдельных хозяйствах – более 40%. Таким образом, учитывая вышеизложенное, перед селекционерами возникла задача: создать для малообъемной технологии возделывания высокопродуктивные, конкурентоспособные гибриды огурца партенокарпического и пчелоопыляемого типа с высокими вкусовыми качествами, групповой устойчивостью к наиболее вредоносным болезням и абиотическим стрессам.

Зачастую в защищенном грунте в зимне-весеннем обороте условия выращивания не всегда вполне благоприятны для роста и развития огуречных растений. Поэтому необходимо работать над выносливостью гибридов к недостатку света, перепадам и пониженным температурам почвы и воздуха. Селекция на хорошую завязываемость плодов огурца очень важна для защищенного грунта, но немаловажна и селекция одностебельных или слабоветвящихся форм, желательна с ограниченным ростом. Это может в значительной степени облегчить уход за растениями в защищенном грунте и, в результате, сэкономить и время, и средства.

Сейчас срок жизни нового гибрида практически любой культуры защищенного грунта составляет 4-5 лет. Поэтому постоянно нужно вести работу по поиску новых гибридов, должен быть налажен своеобразный конвейер по обновлению уже имеющегося многообразия сортов и гибридов

В настоящее время не удовлетворяется потребность населения не только в плодах огурца, но и кабачка, патиссона, тыквы. Во всём мире селекция до сих пор остаётся наиболее эффективным и экологически



Рис.2. Филиалы ФГБНУ ФНЦО, занимающиеся селекцией тыквы, кабачка и патиссона  
 Fig.2. Branches of the FSBSI FSVS, engaged in the selection of pumpkin, zucchini and squash

чистым способом повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции. В ФГБНУ ФНЦО ведется селекция этих культур для различных регионов РФ (рис.2).

В первую очередь, селекционеры создают холодоустойкие и скороспелые сорта для Нечерноземной зоны и более северных регионов России. Скороспелые сорта необходимы производству не только в регионах с недостаточно теплым климатом, но и в более южных – с целью получения ранней продукции в овощном конвейере, особенно вблизи промышленных центров. Для условий юга, где развита перерабатывающая промышленность, нужны также засухоустойчивые и жаростойкие сорта [22].

Ведется селекция по следующим признакам: дружность плодоношения; компактность, разреженность куста кабачка, патиссона; кустовой тип растения тыквы крупноплодной; женский тип цветения; мягкое опушение черешка листа у кабачка; многоплодность, порционность тыквы. Плоды не должны иметь сильно выступающих ребер, то есть поверхность должна быть гладкой, что удобно для переработки. Имеет значение и толщина мякоти плодов, плотность коры и другие признаки. Актуальна селекция кабачка и тыквы на устойчивость к настоящей мучнистой росе, особенно, для юга России [20, 21].

К сожалению, в сетевых магазинах, в основном, представлены плоды кабачка иностранных гибридов. Перед селекционерами стоит задача создать отечественные гибриды кабачка, не уступающие по характеристикам наиболее распространенным Голландским гибридам. Большим спросом пользуются кабачки и патиссоны с яркоокрашенными плодами.

На полках сетевых магазинов зачастую можно встретить плоды мускатной тыквы иностранной селекции. Мускатная – самая теплолюбивая и позднеспелая тыква. Скороспелые сорта этого вида можно сеять в Краснодарском и Ставропольском краях. Чаще всего можно встретить этот вид в Средней Азии и Закавказье, так как оптимальной для этой тыквы является температура 30...40°C [22]. Вопрос импортозамещения отечественными сортами мускатной тыквы, более скороспелыми, с плодами высоких вкусовых и технологических качеств, в настоящее время тоже волнует селекционеров ФГБНУ ФНЦО. Решением этого вопроса активно занимается Быковская селекционная овощная опытная станция.

Для решения проблемы круглогодочного обеспечения населения свежими овощами большое значение имеет создание лёжких и транспортабельных сортов.

В связи с большим разнообразием на отечественном рынке сортов и гибридов огурца и других тыквенных культур, немаловажное значение приобретает качество плодов. Качество урожая определяет целый ряд признаков: внешний вид плода (форма, окраска, стандартность, однородность и др.); повышенное содержание биохимически ценных веществ (органических кислот, витаминов, пектиновых веществ, сахаров, минеральных солей и др.); вкусовые качества плодов (аромат, нежность, сочность, приятная консистенция, отсутствие горечи, остаточных количеств ядохимикатов и др.). Наибольшее влияние на качество плодов оказывает устойчивость к болезням. Поэтому косвенно селекция на качество урожая связана с созданием

новых сортов и гибридов с комплексной устойчивостью к болезням.

В литературе имеется много работ о вредном влиянии на здоровье людей нитратов, содержание которых в овощах увеличивается за счёт применения высоких доз азотных удобрений в подкормках. Одним из направлений снижения в овощах нитратов является создание таких сортов, которые бы при высоких дозах внесения азота накапливали нитраты в минимальных количествах.

В последние годы вновь набирают обороты комбинаты по переработке и консервированию овощей и, в частности, тыквенных культур. Большинство из них работает на импортных сортах. Задача селекционеров создать отечественные сорта и гибриды, конкурирующие с импортными. Для этого нужно обратить особое внимание на выравненность материала, дружность созревания плодов, пригодность для переработки и хранения.

Сорта столовых тыкв, кабачка и патиссона, идущие на изготовление соков, икры и пюре должны иметь высокий процент сухого вещества. Важное значение имеет окраска и плотность коры плода. Для икры желательны белоплодные сорта кабачка с тонкой корой [19]. Для приготовления консервов из плодов кабачка и патиссона в технической спелости в настоящее время используют в основном крупноплодные сорта, плоды которых приходится нарезать вручную, затрачивая определённое количество времени и средств. Чтобы исключить эту операцию из технологии изготовления консервов, нужны мелкоплодные сорта кабачка и патиссона – корншонного типа, т.е. 7-14 суточные плоды, имеющие длину 7-10 см, диаметр 3-4 см.

Очень актуально повышение качества плодов и создание сортов тыквы, пригодных не только для переработки, но и для потребления в свежем виде, с порционными плодами, хранящимися длительное время – от трёх до восьми месяцев, без специфического тыквенного привкуса, с высоким содержанием сухого вещества, сахаров, каротина и витаминов [8].

По содержанию полезных для организма веществ тыква превосходит многие овощи и фрукты. Она содержит соли калия, кальция, фосфора, меди, цинка др. В тыкве содержатся витамины: С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Е, каротин. Тыква является важнейшим источником каротиноидов для человека: бета- и альфа-каротина, лютеина и зеаксантина, играющих фундаментальную роль в обеспечении сумеречного и соответственно цветового зрения у человека [23]. Особое значение имеют пектины тыквы. Они связывают и удаляют из организма соли тяжелых металлов, свинца, ртути и радиоактивные элементы.

Большие перспективы будет иметь селекция тыквенных культур на высокое содержание в плодах антиоксидантов. В ФГБНУ ФНЦО уже начата работа по определению содержания антиоксидантов в семенах и плодах тыквы, планируется такая же работа и по огурцу [24].

Следует отметить, что селекционеры должны работать в одной связке с товаропроизводителями и потребителями. Лишь в этом случае сорт будет востребован на рынке и выращенные овощи всегда найдут своего покупателя. Разработанная для каждого сорта технология выращивания позволит не только повысить его урожайность, но и быстрее внедрить в производство.

## Об авторе:

**Ирина Борисовна Коротцева** – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, [korotseva@mail.ru](mailto:korotseva@mail.ru)

## About the author:

**Irina B. Korotseva** – Cand. Sci. (Agriculture), head of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, [korotseva@mail.ru](mailto:korotseva@mail.ru)

## • Литература

1. Монахов Г.Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы. Картофель и овощи. 2017;(3):2-4.
2. Малько А.М. Мировой рынок семян и место России в нем. *Картофель и овощи*. 2013;(4):2-4.
3. Криничная Е.П. Современное состояние отрасли селекции и семеноводства в России: ключевые проблемы и направления их решения. *Мелиорация и гидротехника*. 2021;11(4):245-265.
4. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы. Постановление Правительства РФ от 25.08.2017 N 996 "Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 - 2030 годы" (с изменениями и дополнениями). ГАРАНТ ([garant.ru](http://garant.ru)).
5. Огурцы открытого грунта: площади и сборы в России в 200-2021 гг. <https://ab-centre.ru/news/ogurcy-otkrytogo-grunta-ploschadi-i-sbory-po-regionam-rf-v-2007-2021-gg>
6. Гиш Р.А. Овощеводство открытого грунта юга России. Состояние и тенденции развития. *Овощи России*. 2021;(4):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>
7. III сельскохозяйственный форум «Тепличная отрасль России - 2022». М. Перспективы развития тепличной отрасли России обсудили на форуме в Москве <https://ru.greenhouse.news/the-agricultural-forum-greenhouse-industry-2022-began-its-work-in-moscow-1-session/greenhouse/>
8. Коротцева И.Б., Химич Г.А. Основные направления и задачи селекции тыквенных культур. *Овощи России*. 2013;(2):17-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-17-21>
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
10. Солдатенко А.В., Пышная О.Н. Роль селекции овощных культур и современных исследований в продовольственной стабильности. *Овощи России*. 2018;(5):5-8. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
11. Нехорошева Т.И., Штаба Л.В., Зотова Ю.В. Сравнительная оценка гетерозисных гибридов огурца в ОПХ «Овощевод» Западно-Сибирской овощной опытной станции. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2003;(2):213-217.
12. Кигашпаева О.П., Гулин А.В., Лаврова Л.П. Селекционные линии огурца – перспективный материал при создании новых сортов для открытого грунта юга России. *Овощи России*. 2021;(6):65-67. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-65-67>
13. Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Науменко Т.С. Селекция – основа импортозамещения в отрасли овощеводства. *Овощи России*. 2017;(3):3-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-3-3-15>
14. Тимошенко Н.Н. Распространение пероноспороза огурца. *Эпоха науки*. 2016;(8):265-277.
15. Коротцева И.Б. Устойчивость огурца к ложной мучнистой росе в условиях Нечерноземной зоны РФ. *Овощи России*. 2020;(6):116-119. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-116-119>
16. Михеев Ю.Г., Леунов В.И., Ванюшкина И.А., Корнилов А.С., Лапина Н.А., Синиченко Н.А. Создание нового исходного материала овощных культур с ценными хозяйственными признаками для условий Приморского края. *Картофель и овощи*. 2020;(7): 33-36. DOI: 10.25630/PAV.2020.97.18.005
17. Высочин В.Г., Леунов В.И., Борцова Ю.В. Селекция огурца для открытого грунта. *Картофель и овощи*. 2018;(1):34-38.
18. Российский рынок овощей закрытого грунта: состояние и перспективы. <https://specagro.ru/sites/default/files/2020-12/teplichnye-kompleksy-rossii-i-sng.pdf>.
19. Коротцева И.Б. Направления работы и основные достижения лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур ВНИИССОК. *Овощи России*. 2015;(3-4):54-57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-54-57>
20. Медведев А.В., Кузьмин С.В., Бухаров А.Ф. Селекция кабачка на устойчивость к мучнистой росе на юге России. *Аграрная наука*. 2019;(3):91–95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-91-95>
21. Никулина Т.М., Курунина Д.П. Создание конкурентоспособных сортов тыквы для Нижнего Поволжья. *Овощи России*. 2019;(4):54-57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-54-57>
22. Химич Г.А., Кушнерова В.П. В мире тыкв. *Овощи России*. 2009;(1):46-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-46-49>
23. Голубкина Н.А., Химич Г.А., Антошкина М.С., Плотникова У.Д., Надежкин С.М., Коротцева И.Б. Особенности каротиноидного состава тыквы Конфетка, перспективы использования. *Овощи России*. 2021;(1):111-116. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-111-116>
24. Гинс М.С., Химич Г.А., Гинс В.К., Байков А.А. Изменчивость биохимических показателей сортов тыквы селекции ВНИИССОК. *Сб. материалов 10 международного симпозиума «Новые нетрадиционные растения и перспективы их использования»*. РУДН. 2013;(2):291-294.

## • References

1. Monakhos, G.F. Selection and primary seed production: state and prospects. *Potatoes and vegetables*. 2017;(3):2-4.
2. Malko A.M. The world seed market and Russia's place in it. *Potatoes and vegetables*. 2013;(4):2-4.
3. Krinichnaya E.P. The current state of the breeding and seed industry in Russia: key problems and ways to solve them. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2021;11(4):245-265.
4. Federal Scientific and Technical program of agricultural development for 2017-2025. Decree of the Government of the Russian Federation No. 996 dated 25.08.2017 "On Approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030" (with amendments and additions). GUARANT ([garant.ru](http://garant.ru)).
5. Cucumbers of open ground: areas and fees in Russia in 200-2021. <https://ab-centre.ru/news/ogurcy-otkrytogo-grunta-ploschadi-i-sbory-po-regionam-rf-v-2007-2021-gg>
6. Gish R.A. Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>
7. III Agricultural Forum "Greenhouse industry of Russia - 2022". M. Prospects for the development of the greenhouse industry of Russia were discussed at the forum in Moscow ([rueconomics.ru](http://rueconomics.ru))
8. Korotseva I.B., Khimich G.A. Main trends and challenges in breeding of pumpkin crops. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(2):17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-17-21>
9. The State Register. Vol.1. "Plant varieties" (official publication). Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2021. 719 p. (In Russ.)
10. Soldatenko A.V., Pishnaya O.N. The role of vegetable breeding and modern researches in food stability. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):5-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
11. Nekhorosheva T.I., Shtaba L.V., Zotova Yu.V. Comparative evaluation of heterotic cucumber hybrids in the OPH "Vegetable Grower" of the West Siberian Vegetable Experimental Station. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2003;(2):213-217. (In Russ.)
12. Kigashpaeva O.P., Gulin A.V., Lavrova L.P. Cucumber breeding lines are a prospective material for creating new varieties for open ground in southern Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(6):65-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-65-67>
13. Pivovarov V.F., Soldatenko A.V., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Naumenko T.S. Plant breeding is a solution for import substitution in vegetable production. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(3):3-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-3-3-15>
14. Tymoshenko N.N. The spread of cucumber peronosporosis. *The era of science*. 2016;(8):265-277. (In Russ.)
15. Korotseva I.B. Cucumber resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in the Non-Black earth zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):116-119. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-116-119>
16. Mikheev Yu.G., Leunov V.I., Vanyushkina I.A., Komilov A.S., Lapina N.A., Sinichenko N.A. Breeding a new original material of vegetable crops with valuable economic signs for conditions Primorsky territory. *Potatoes and vegetables*. 2020;(7):33-36. (In Russ.) DOI: 10.25630/PAV.2020.97.18.005
17. Vysochin V.G., Leunov V.I., Bortsova Yu.V. Breeding of cucumber for open field. *Potatoes and vegetables*. 2018;(1):34-38. (In Russ.)
18. The Russian market of indoor vegetables: state and prospects. <https://specagro.ru/sites/default/files/2020-12/teplichnye-kompleksy-rossii-i-sng.pdf>.
19. Korotseva I.B. Aspects of work and main achievements of the laboratory of breeding and seed production of cucurbits crops. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(3-4):54-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-54-57>
20. Medvedev A.V., Kuzmin S.V., Bukharov A.F. Selection of squash for resistance to powdery mildew in the south of Russia. *Agricultural science*. 2019;(3):91–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-91-95>
21. Nikulina T.M., Kurunina D.P. Selection of competitive of pumpkin varieties for the Lower Volga region. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(4):54-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-54-57>
22. Khimich G.A., Kushnereva V.P. The world of pumpkins. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(1):46-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-1-46-49>
23. Golubkina N.A., Khimich G.A., Antoshkina M.S., Plotnikova U.D., Nadezhkin S.M., Korotseva I.B. Peculiarities of pumpkin carotenoid composition "Konfetka" variety, prospects of utilization. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):111-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-111-116>
24. Gins M.S., Khimich G.A., Gins V.K., Baykov A.A. Variability of biochemical parameters of pumpkin varieties of VNISSOK selection. *Collection of materials of the 10<sup>th</sup> international symposium "New non-traditional plants and prospects for their use"*. RUDN. 2013;(2):291-294. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-11-16>  
УДК 635.63:631.526.325:631.544(470.311)

Л.А. Чистякова\*, О.В. Бакланова

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

## \*Автор для переписки:

lyubov.chistyakova.83@mail.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:** Чистякова Л.А., Бакланова О.В. Селекция гибридов партенокарпического огурца для необогреваемых теплиц. *Овощи России*. 2022;(4):11-16. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-11-16>

**Поступила в редакцию:** 15.06.2022

**Принята к печати:** 29.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Lyubov A. Chistyakova\*, Olga V. Baklanova

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

## \*Corresponding author:

lyubov.chistyakova.83@mail.ru

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

**Author contributions:** 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:** Chistyakova L.A., Baklanova O.V. Breeding of parthenocarpic cucumber hybrids for unheated greenhouses. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-11-16>

**Received:** 15.06.2022

**Accepted for publication:** 29.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Селекция гибридов партенокарпического огурца для необогреваемых теплиц

**Резюме**

**Актуальность.** Огурец очень популярен и востребован в хозяйствах населения (ЛПХ) о чем свидетельствуют данные о посевных площадях занимаемые под этой культурой на территории РФ (37,4 тыс.га).

**Материал и методы.** Приведены результаты оценки комбинационной способности восьми инцухт-линий партенокарпического типа и испытания тринадцати новых гибридных комбинаций, полученных на базе изученных линий, в условиях весенне-летнего оборота в поликарбонатной необогреваемой грунтовой теплице Московской области, в сравнении с гибридами F<sub>1</sub> SV 4097 CV (Seminis, Нидерланды) и F<sub>1</sub> Пилигрим (ООО «Агрофирма Поиск», РФ). Цель научной работы – создание продуктивных и высокоурожайных гетерозисных гибридов огурца с комплексом хозяйственно полезных признаков для возделывания в необогреваемых теплицах. Испытание и внедрение конкурентоспособных и технологичных гибридов в товарное производство овощной продукции является одним из важных этапов научных исследований в области селекции. Исследования проводили во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО в условиях поликарбонатных необогреваемых грунтовых теплиц в течение 2020-2021 годов (Московская область, Раменский район).

**Результаты.** В результате оценки комбинационной способности партенокарпических инцухт-линий установлено, что в качестве отцовского компонента для получения скороспелых и раннеспелых партенокарпических гибридов огурца следует использовать при гибридизации инцухт-линии Л.21 (2,4 кг/м<sup>2</sup>), Л.415 (0,8 кг/м<sup>2</sup>), Л.993 (0,4 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010 (0,1 кг/м<sup>2</sup>). Для создания более продуктивных и высокоурожайных партенокарпических гибридов огурца следует использовать инцухт-линии Л.21, Л.415, Л.1008. В результате исследовательской работы выделены по высокой урожайности и продуктивности растений в условиях защищенного грунта четыре гибридные комбинации (Л.993×Л.415, Л.1010×Л.21, Л.993×Л.21, Л.993×Л.1008), которые превзошли стандарты SV 4097 CV F<sub>1</sub> и Пилигрим F<sub>1</sub>.

**Ключевые слова:** огурец, партенокарпические гибриды, адаптивность, защищенный грунт, товарная продукция, урожайность

## Breeding of parthenocarpic cucumber hybrids for unheated greenhouses

**Abstract**

**Relevance.** Cucumber is very popular and in demand in households of the population (personal subsidiary farms), as evidenced by the data on the acreage occupied under this crop in the territory of the Russian Federation (37.4 thousand hectares).

**Methodology.** This article presents the results of evaluating the combinational ability of eight parthenocarpic inbreeding lines and testing thirteen new hybrid combinations obtained on the basis of the studied lines under the conditions of spring-summer turnover in a polycarbonate unheated greenhouse in the Moscow region in comparison with the hybrids F<sub>1</sub> SV 4097 CV (Seminis, the Netherlands) and F<sub>1</sub> Pilgrim (Agrofirma Poisk LLC, Russia). The purpose of the scientific work is to develop productive and high-yielding heterotic cucumber hybrids with a complex of economically useful traits for cultivation in unheated greenhouses. Testing and introduction of competitive and technologically advanced hybrids into commercial vegetable production is one of the important stages of scientific research in the field of breeding. The research was carried out in ARRIVG – a branch of FSBSI “Federal Scientific Vegeticulture Center” in the conditions of polycarbonate unheated ground greenhouses during 2020-2021 (Moscow region, Ramensky district).

**Results.** As a result of evaluation of the combinational ability of parthenocarpic inbreeding lines, it was found that inbreeding lines L.21 (2.4 kg/m<sup>2</sup>), L.415 (0.8 kg/m<sup>2</sup>), L.993 (0.4 kg/m<sup>2</sup>), L.1010 (0.1 kg/m<sup>2</sup>) should be used during hybridization as a paternal component for obtaining early-ripening parthenocarpic cucumber hybrids. To develop more productive and high-yielding parthenocarpic cucumber hybrids, inbreeding lines L.21, L.415, L.1008 should be used. As a result of the research work, four hybrid combinations (L.993×L.415, L.1010×L.21, L.993×L.21, L.993×L.1008) were identified for high yield and productivity in protected soil conditions, which exceeded the standards of SV 4097 CV F<sub>1</sub> and Pilgrim F<sub>1</sub>.

**Keywords:** cucumber, parthenocarpic hybrids, adaptability, sheltered ground, commercial yield, yield

### Введение

Производители огурца сталкиваются с трудностями возделывания данной культуры, из-за биологических особенностей растений огурца, а также влияния сорта (гибрида) непосредственно на технологические аспекты возделывания и рентабельность производства [1]. Несмотря на это, в России большая часть производства огурца приходится на ЛПХ (37,4 тыс.га) в пленочных и поликарбонатных необогреваемых теплицах. В настоящее время, гетерозисные гибриды огурца широкого используются в товарном производстве и также востребованы среди хозяйств населения, так как они имеют значительное преимущество по сравнению с сортами [2]. Несмотря на широкий сортимент партенокарпических гибридов огурца в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, необходимо отметить, что селекционная работа по созданию гибридов для необогреваемых теплиц является актуальным направлением [3].

В селекции гетерозисных гибридов огурца одним из этапов является подбор родительских линий и оценка их комбинационной способности (КС). Определение способности конкретной линии при скрещивании ее с другими родительскими формами передать хозяйственно полезные (количественные) признаки дает возможность спрогнозировать дополнительный эффект в проявлении гетерозиса. Использование метода топкросс при определении КС менее трудоемко, по сравнению с другими методами, так как для скрещивания используют один или два тестера. Судить о практической ценности гибридной комбинации и понять на сколько она превосходит лучшие районированные сорта и гибриды позволяет конкурсный гетерозис.

**Целью исследований** является создание высокоурожайных партенокарпических гибридов огурца для товаропроизводителей овощной продукции.

### Задачи исследований:

1. Определить комбинационную способность инцухт-линий партенокарпического огурца.
2. Оценить по хозяйственно полезным признакам гибридные комбинации огурца в условиях необогреваемых теплиц весенне-летнего культурооборота Московской области.
3. Выделить лучшие по сравнению со стандартами гибридные комбинации партенокарпического огурца.

### Материалы и методы

Экспериментальная часть научно-исследовательской работы выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале ФГБНУ ФНЦО в течение 2020-2021 годов в необогреваемых теплицах (весенне-летний оборот).

Предметом исследований служили урожайность, продуктивность, раннеспелость, скороспелость растений огурца.

Объектом исследований являлись партенокарпические гибриды огурца отечественной и зарубежной селекции.

При проведении исследований руководствовались рекомендациями и методическими указаниями по селекции и семеноводству огурца [4, 5, 6, 7, 8].

Опыты были заложены в пленочных грунтовых теплицах в условиях весенне-летнего культурооборота. Культуру огурца выращивали рассадным способом прямым посевом в горшки емкостью 0,5 л. В качестве почвенной смеси для рассады использовали питательный грунт на основе верхового торфа торговой марки «Агробалт». Перед началом посева горшки с субстратом проливали водой и сеяли сухими семенами на глубину 1,5 см. Посев семян проводили во второй декаде мая. После высева семян температуру воздуха и субстрата поддерживали на уровне 24...26°C. После всходов, чтобы сеянцы не вытягивались, температуру в течение дня снижали до 18...19°C и удерживали ее такой в течение трех суток. В последующие сутки температуру увеличивали и поддерживали в солнечный день 20...21°C, в пасмурный день 19...20°C, ночью 18...19°C. Высадку рассады на постоянное место в грунт проводили в первой декаде июня.

Схема высадки растений огурца (50+70)х45 см. Число учетных растений на делянке десять штук, повторность трехкратная, размещение образцов в опытах методом рендомизированных повторений [9, 10].

Культуру огурца вели в один стебель («ослепляли» 3-4 нижних узла и удаляли все боковые побеги). При достижении горизонтальной шпалеры оставляли 2-3 листа и точку роста удаляли [11, 12, 13].

В период вегетации растений огурца проводили фенологические наблюдения, определяли биометрические показатели, учитывали основные количественные признаки, которые характеризуют раннюю и общую урожайность. Фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили согласно методике RTG/0061/2 [14]. Учет урожайности огурца проводили три раза в неделю путем взвешивания и подсчета количества плодов в период с 18 июня по 17 сентября. Огурец относится к культурам многократной уборки, поэтому раннюю урожайность определяли за первые 2 недели плодоношения. Период от всходов до начала плодоношения составлял в среднем за два года 35-40 суток.

Оценку хозяйственных показателей гибридов учитывали в сравнении со стандартами: гибрид SV 4097 CV F<sub>1</sub> (Seminis, Нидерланды) и гибрид Пилигрим F<sub>1</sub> (ОО «Агрофирма Поиск», РФ) [15,16].

Степень проявления конкурсного гетерозиса определяли по ранней и общей урожайности. Конкурсный гетерозис показывает, на сколько процентов растения данной гибридной комбинации превосходят районированный сорт или гибрид.

Конкурсный гетерозис рассчитывали по формуле:

$$Г_{\text{конк}} = \frac{F_1 - St}{St} \times 100\%,$$

где F<sub>1</sub> – показатель гибрида; St – значение признака стандарта.

Для интерпретации экспериментальных данных по частоте проявления конкурсного гетерозиса выделены следующие интервалы варьирования: 1) <0; 2) 0–25%; 3) 25–50%; 4) 50–75%; 5) 75–100%; 6) 100% [17,18,19].

Математическую обработку данных производили при помощи прикладных программ Microsoft Excel. Комбинационную способность компонентов скрещиваний определяли по методу топкросса Савченко В.К. [20].

### Результаты и их обсуждение

Для оценки общей и специфической комбинационной способности восьми инцухт - линий методом топ-кросса по признакам «ранняя урожайность», «общая урожайность» и «продуктивность» в качестве родительских линий материнского компонента использовали две инцухт-линии гиноцийного типа цветения (Л.1010 и Л.993), а в качестве отцовского компонента – восемь инцухт-линий гиноцийного и моноцийного типов цветения (Л.1010, Л.993, Л.20, Л.21, Л.6, Л.1008, Л.1013, Л.415) (табл. 1).

Анализ дисперсий КС выявил, что родительские линии существенно различаются по ОКС. Эффекты ОКС имеют широкий размах варьирования: по признаку «ранняя урожайность» от -1,6кг/м<sup>2</sup> до 2,4кг/м<sup>2</sup>; по признаку «общая урожайность» от -4,9кг/м<sup>2</sup> до 13,3кг/м<sup>2</sup>; по признаку «продуктивность одного растения» от -1,6кг до 4,4кг.

По признаку «ранняя урожайность» высокие значения ОКС имеют инцухт-линии Л.21 (2,4кг/м<sup>2</sup>), Л.415 (0,8 кг/м<sup>2</sup>) и среднее значение ОКС – Л.1010 (0,1 кг/м<sup>2</sup>), Л.993 (0,4 кг/м<sup>2</sup>), следовательно, данные линии наиболее подходят для создания раннеспелых и скороспелых гибридов огурца. По признакам «общая урожайность» и «продуктивность» по величине эффектов ОКС высокое значение имеет линия Л.21 (13,3 кг/м<sup>2</sup> и 4,4 кг, соответственно), средние значения – линии Л.415 и Л.1008.

Оценка эффектов СКС в комбинациях скрещиваний показывает, что их величины высоки и варьируют в пре-

делах: по признаку «ранняя урожайность» – от -2,0 кг/м<sup>2</sup> (Л.1010хЛ.1008) до 2,0 кг/м<sup>2</sup> (Л.993хЛ.1008); по признаку «общая урожайность» – от -8,7 кг/м<sup>2</sup> (Л.993) до 8,7 кг/м<sup>2</sup> (Л.1010хЛ.993); по признаку «продуктивность» – от -2,9 кг (Л.993) до 2,9 кг (Л.1010хЛ.993) (табл. 2). Высокий гетерозисный эффект у лучших гибридных комбинаций обусловлен удачным сочетанием высокой ОКС родительских линий с высоким эффектом СКС. Соответственно, по общей урожайности гибридная комбинация Л.993хЛ.1008  $x_{rs}=30,6$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=0,9$  кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=4,4$  кг/м<sup>2</sup>; Л.993хЛ.415  $x_{rs}=31,7$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=2,7$ кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=3,7$  кг/м<sup>2</sup>; по продуктивности Л.993хЛ.1008  $x_{rs}=10,2$  кг;  $g_r=0,2$  кг;  $g_s=0,3$  кг;  $s_{ij}=2,0$  кг; Л.993хЛ.415  $x_{rs}=10,6$  кг;  $g_r=0,2$  кг;  $g_s=0,9$  кг;  $s_{ij}=1,4$  кг. У гибридных комбинаций, которые незначительно уступают лучшим гибридным комбинациям, гетерозис в основном обусловлен высокой и низкой (даже отрицательной) ОКС скрещиваемых линий на фоне средней СКС гибридных комбинаций, например, по ранней урожайности Л.993хЛ.1008  $x_{rs}=7,9$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=-0,2$ кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=2,0$  кг/м<sup>2</sup>; Л.1010хЛ.6  $x_{rs}=4,7$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=-0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=-1,3$  кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=0,7$  кг/м<sup>2</sup>; по общей урожайности Л.993хЛ.1010  $x_{rs}=26,9$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=-4,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=6,0$  кг/м<sup>2</sup>; Л.1010хЛ.21  $x_{rs}=40,6$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=-0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=13,3$  кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=2,8$  кг/м<sup>2</sup>; Л.1010хЛ.993  $x_{rs}=30,5$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_r=-0,4$  кг/м<sup>2</sup>;  $g_s=-2,7$  кг/м<sup>2</sup>;  $s_{ij}=8,7$  кг/м<sup>2</sup>; по продуктивности Л.993хЛ.1010  $x_{rs}=9,0$  кг;  $g_r=0,2$  кг;  $g_s=1,5$ кг;  $s_{ij}=2,0$  кг; Л.1010хЛ.993  $x_{rs}=10,2$  кг;  $g_r=-0,1$  кг;  $g_s=-0,9$  кг;  $s_{ij}=2,9$  кг; Л.1010хЛ.21  $x_{rs}=13,5$  кг;  $g_r=-0,1$  кг;  $g_s=4,4$  кг;  $s_{ij}=0,9$  кг.

Таблица 1. Ранняя и общая урожайность гибридных комбинаций, продуктивность растений и эффекты ОКС родительских инцухт-линий огурца (средние показатели за 2 года)  
Table 1. Early and total yield of hybrid combinations, plant productivity and effects of General combining ability (GCA) of parental incubation - cucumber lines (average values for 2 years)

♀ \ ♂	Л.993	Л.1010	Л.20	Л.6	Л.1008	Л.415	Л.1013	Л.21	НСР <sub>05</sub>	ОКС
<b>ранняя урожайность, кг/м<sup>2</sup></b>										
Л.1010	6,3	5,5	3,4	4,7	3,1	5,9	4,9	8,6	1,5	-0,4
Л.993	6,0	6,2	4,9	4,2	7,9	7,1	5,1	7,7	1,3	0,4
ОКС	0,4	0,1	-1,6	-1,3	-0,2	0,8	-0,7	2,4	-	-
<b>общая урожайность, кг/м<sup>2</sup></b>										
Л.1010	30,5	14,1	21,8	20,3	20,9	23,5	24,4	40,6	6,6	-0,4
Л.993	13,9	26,9	18,2	22,1	30,6	31,7	23,5	35,8	6,1	0,4
ОКС	-2,7	-4,4	-4,9	-3,7	0,9	2,7	-0,9	13,3	-	-
<b>продуктивность одного растения, кг</b>										
Л.1010	10,2	4,7	7,3	6,8	7,0	7,8	8,1	13,5	2,2	-0,1
Л.993	4,6	9,0	6,1	7,4	10,2	10,6	7,8	11,9	2,0	0,2
ОКС	-0,9	-1,5	-1,6	-1,2	0,3	0,9	-0,3	4,4	-	-

Таблица 2. Эффекты СКС в комбинациях скрещиваний инцухт-линий огурца по признакам «ранняя урожайность», «общая урожайность» и «продуктивность одного растения» (средние показатели за 2 года)  
 Table 2. The effects of specific combining ability (SCA) in combinations of crossings of incubation – cucumber lines on the basis of "early yield", "total yield" and "productivity of one plant" (average values for 2 years)

♀ \ ♂	Л.993	Л.1010	Л.20	Л.6	Л.1008	Л.415	Л.1013	Л.21	НСР <sub>05</sub>
<b>ранняя урожайность, кг/м<sup>2</sup></b>									
Л.1010	0,6	0,1	-0,3	0,7	-2,0	-0,2	0,3	0,9	0,8
Л.993	-0,6	-0,1	0,3	-0,7	2,0	0,2	-0,3	-0,9	0,8
<b>общая урожайность, кг/м<sup>2</sup></b>									
Л.1010	8,7	-6,0	2,2	-0,5	-4,5	-3,7	0,8	2,8	4,0
Л.993	-8,7	6,0	-2,2	0,5	4,4	3,7	-0,9	-2,8	4,0
<b>продуктивность одного растения, кг</b>									
Л.1010	2,9	-2,0	0,7	-0,2	-1,5	-1,3	0,3	0,9	1,3
Л.993	-2,9	2,0	-0,8	0,1	1,4	1,2	-0,3	-1,0	1,3

Таким образом, гибридная комбинация Л.1010хЛ.21 имеет высокую раннюю урожайность (8,6 кг/м<sup>2</sup>), при урожайности стандарта F<sub>1</sub> SV 4097 CV 7,2 кг/м<sup>2</sup> (x<sub>rs</sub>=8,6; g<sub>r</sub>=-0,04; g<sub>s</sub>=2,4, s<sub>ij</sub>=0,9); высокую общую урожайность (40,6 кг/м<sup>2</sup>), при урожайности стандарта F<sub>1</sub> Пилигрим

25,5 кг/м<sup>2</sup> (x<sub>rs</sub>=40,6; g<sub>r</sub>=-0,4; g<sub>s</sub>=13,3; s<sub>ij</sub>=2,8); высокую продуктивность (13,5 кг), при урожайности стандарта F<sub>1</sub> SV 4097 CV 8,5 кг (x<sub>rs</sub>=13,5; g<sub>r</sub>=-0,1; g<sub>s</sub>=4,4; s<sub>ij</sub>=0,9).

В результате оценки урожайности гибридных комбинаций партенокарпического огурца в условиях необогревае-

Таблица 3. Урожайность гибридных комбинаций огурца партенокарпического типа в необогреваемых теплицах весенне-летнего оборота, Московская область, Раменский район, 2020-2021 годы  
 Table 3. Yield of hybrid combinations of parthenocarpic type cucumbers in unheated greenhouses of the spring-summer period, Moscow region, Ramensky district, 2020-2021

№ п/п	Гибридная комбинация	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>		Продуктивность одного растения, кг	Доля ранней урожайности в общей, %	Гетерозис конкурсный, %		Гетерозис конкурсный, %	
		ранняя	общая			ранняя	общая	ранняя	общая
1	1010×993	6,3	30,5	10,2	20,7	-11,8	37,9	-1,5	19,8
2	1010×20	3,4	21,8	7,3	15,8	-51,8	-1,5	-46,2	-14,4
3	993×1010	6,2	26,9	9,0	23,2	-12,7	21,8	-2,5	5,7
4	993×6	4,2	22,1	7,4	19,1	-40,9	0,0	-34,0	-13,2
5	1010×1008	3,1	20,9	7,0	14,6	-57,3	-5,3	-52,3	-17,8
6	993×415	7,1	31,7	10,6	22,3	-0,9	43,5	10,7	24,6
7	993×1013	5,1	23,5	7,8	21,5	-29,1	6,5	-20,8	-7,5
8	993×20	4,9	18,2	6,1	26,8	-31,8	-17,6	-23,8	-28,5
9	993×21	7,7	35,8	11,9	21,6	8,2	62,1	20,9	40,7
10	993×1008	7,9	30,6	10,2	26,0	10,9	38,2	23,9	20,0
11	1010×21	8,6	40,6	13,5	21,1	20,0	83,8	34,1	59,6
12	1010×6	4,7	20,3	6,8	23,4	-33,6	-8,2	-25,9	-20,3
13	1010×415	5,9	23,5	7,8	25,1	-17,3	6,5	-7,6	-7,5
14	SV 4097 CV F <sub>1</sub> (St.)	7,2	22,1	7,4	32,4	-	-	11,7	-13,2
15	Пилигрим F <sub>1</sub> (St.)	6,4	25,5	8,5	25,1	-10,5	15,2	-	-
Среднее		5,9	26,3	8,8					
Стандартное отклонение		1,7	6,3	2,1					
НСР <sub>05</sub>		0,9	3,5	1,2					

мых теплиц весенне-летнего оборота установлено, что ранняя урожайность в среднем по гибридным комбинациям составляла 5,9 кг/м<sup>2</sup> и варьировала от 3,1 кг/м<sup>2</sup> (Л.1010хЛ.1008) до 8,6 кг/м<sup>2</sup> (Л.1010хЛ.21), при урожайности лучшего стандарта, по ранней урожайности, SV 4097 CVF<sub>1</sub> 7,2 кг/м<sup>2</sup> и НСР<sub>05</sub>=0,9 кг/м<sup>2</sup> (табл.3). Общая урожайность в среднем по гибридным комбинациям составляла 26,3 кг/м<sup>2</sup> и варьировала от 18,2 кг/м<sup>2</sup> (Л.993хЛ.20) до 40,6 кг/м<sup>2</sup>, (Л.1010хЛ.21), при урожайности лучшего стандарта, по общей урожайности, Пилигрим F<sub>1</sub> 25,5 кг/м<sup>2</sup> и НСР<sub>05</sub>=3,5 кг/м<sup>2</sup>.

Продуктивность растений огурца в среднем за вегетационный период была на уровне 8,8 кг и варьировала от 6,1 кг (Л.993хЛ.20) до 13,5 кг (Л.1010хЛ.21), при продуктивности стандартов: гибрида F<sub>1</sub> SV 4097 CV 7,4 кг и гибрида F<sub>1</sub> Пилигрим – 8,5 кг, при НСР<sub>05</sub>=1,2 кг.

Доля ранней урожайности в структуре общего урожая, в зависимости от гибридов, варьировала и составляла от 14,6% (Л.1010хЛ.1008) до 32,4% (SV 4097 CV F<sub>1</sub>).

При оценке конкурсного гетерозиса по сравнению со стандартом SV 4097 CV F<sub>1</sub> положительный гетерозисный эффект по ранней урожайности имели две гибридные комбинации: Л.993хЛ.1008 (10,9%) и Л.1010хЛ.21 (20,0%), одна гибридная комбинация была на уровне стандарта (Л.993хЛ.21); по общей урожайности – пять гибридных комбинаций: Л.993хЛ.1008 (38,2%), Л.1010хЛ.993 (37,9%), Л.993хЛ.415 (26,7%), Л.993хЛ.21 (62,1%), Л.993хЛ.1010 (21,8%) и Л.1010хЛ.21 (83,0%) и три гибридные комбинации были на уровне стандарта – Л.993хЛ.6, Л.993хЛ.1013, Л.1010хЛ.415.

При оценке конкурсного гетерозиса по сравнению со стандартом Пилигрим F<sub>1</sub> положительный гетерозисный эффект по ранней урожайности имели три гибридные комбинации Л.993хЛ.21 (20,9%), Л.993хЛ.1008 (23,9%) и Л.1010хЛ.21 (34,1%), гибрид SV 4097 CV F<sub>1</sub> и гибридная комбинация Л.993хЛ.415 были на уровне стандарта; по общей урожайности – пять гибридных комбинаций: Л.1010хЛ.993 (19,8%), Л.993хЛ.415 (24,6%), Л.993хЛ.21 (40,7%), Л.993хЛ.1008 (20,0%) и Л.1010хЛ.21

(41,8%), гибридная комбинация Л.993хЛ.1010 была на уровне стандарта Пилигрим F<sub>1</sub>.

### Выводы

1. Оценка комбинационной способности методом топ-кросса позволила выделить инцухт-линии партенокарпического огурца с высокой КС и установить, что в качестве отцовского компонента для получения скороспелых и раннеспелых партенокарпических гибридов огурца следует использовать при гибридизации инцухт-линии Л.21 (2,4 кг/м<sup>2</sup>), Л.415 (0,8 кг/м<sup>2</sup>), Л.993 (0,4 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010 (0,1 кг/м<sup>2</sup>). Для создания более продуктивных и высокоурожайных партенокарпических гибридов огурца следует использовать инцухт-линии Л.21, Л.415, Л.1008. Гибридные комбинации с данными линиями превосходят родительские линии и стандарты SV 4097 CV F<sub>1</sub> и Пилигрим F<sub>1</sub> по ранней и общей урожайности.

2. Оценка гибридных комбинаций огурца в сравнении с гибридом F<sub>1</sub> SV 4097 CV показала, что по ранней урожайности его превзошла одна гибридная комбинация Л.1010хЛ.21 (на 1,4 кг/м<sup>2</sup>), две гибридные комбинации были на уровне (Л.993хЛ.21 и Л.993хЛ.1008); по общей урожайности превзошли стандарт шесть гибридных комбинаций: Л.993хЛ.1008 (на 8,5 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010хЛ.993 (на 8,4 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.415 (на 9,6 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.21 (на 13,7 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.1010 (на 4,8 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010хЛ.21 (на 18,5 кг/м<sup>2</sup>) и три гибридные комбинации были на уровне (Л.993хЛ.6, Л.993хЛ.1013, Л.1010хЛ.415).

3. Оценка гибридных комбинаций огурца по сравнению с гибридом F<sub>1</sub> Пилигрим показала, что по ранней урожайности превзошли его три гибридные комбинации Л.993хЛ.21 (на 1,3 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.1008 (на 1,5 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010хЛ.21 (на 2,2 кг/м<sup>2</sup>) и одна комбинация Л.993хЛ.415 была на уровне; по общей урожайности пять гибридных комбинаций превзошли стандарт: Л.993хЛ.21 (на 10,3 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.1008 (на 5,1 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010хЛ.21 (на 15,1 кг/м<sup>2</sup>), Л.993хЛ.415 (на 6,2 кг/м<sup>2</sup>), Л.1010хЛ.993 (на 5,0 кг/м<sup>2</sup>) и гибридная комбинация Л.993хЛ.1010 была на уровне стандарта Пилигрим F<sub>1</sub>.



Гибридная комбинация Л.993хЛ.1008



Гибридная комбинация Л.993хЛ.415

## Об авторах:

**Любовь Александровна Чистякова** – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лаборатории тыквенных культур, lyubov.chistyakova.83@mail.ru

**Ольга Владимировна Бакланова** – кандидат с.-х. наук, в.н.с. лаборатории тыквенных культур, baklanova@semenasad.ru

## About the authors:

**Lyubov A. Chistyakova** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Breeding of Cucurbitaceous Crops Laboratory, lyubov.chistyakova.83@mail.ru

**Olga V. Baklanova** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of Breeding of Cucurbitaceous Crops Laboratory, baklanova@semenasad.ru

## • Литература

1. Чистякова Л.А., Бакланова О.В. Селекция гибридов партенокарпического огурца для обогреваемых теплиц. *Картофель и овощи*. 2022;(3):27-31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.78.85.005>
2. Чистякова Л.А., Бакланова О.В. Селекция огурца в Агрохолдинге «Поиск». *Картофель и овощи*. 2020;(8):8-9.
3. <https://reestr.gossortrf.ru/>
4. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
5. Рекомендации и методические указания по селекции и семеноводству огурца /Под общ. ред. акад. РАСХН В.Ф. Пивоварова и акад. МАИ П.Ф. Кононкова. ВНИИССОК. М., 1999. 293 с.
6. Методические указания по селекции и семеноводству гетерозисных гибридов огурца. Составители: Н.Н. Ткаченко, О.В. Юрина, Э.Т. Мещеров и др. М., 1985. 56 с.
7. Методические указания по селекции и семеноводству огурцов в защищенном грунте. М., ВАСХНИЛ, 1976. 73 с.
8. Методические указания по селекции огурца. ВНИИССОК. Составители: О.В. Юрина, Н.Н. Корганова, И.В. Ермоленко и др. М.: Агропромиздат, 1985. 55 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 1985. 263 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: «Колос», 1985. 423 с.
11. Макарова Е.Л., Чистякова Л.А., Бакланова О.В., Борцова Ю.В. Сортоизучение партенокарпических гибридов огурца в условиях второй световой зоны (г. Киров). *Картофель и овощи*. 2020;(11):22-25. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.30.39.004>
12. <https://sad24.ru/ogorod/formirovanie-kusta-ogurcov-v-odin-osnovnoj-stebel-opisanie-sxema-video.html>
13. <http://potatoveg.ru/ogorodnik/kak-formirovat-rasteniya-partenokarpicheskix-gibridov-ogurca-v-plenochnyx-teplicax.html>
14. Методика RTG/0061/2 «Оценка на отличимость, однородность и стабильность огурца (*Cucumis sativus* L.)» от 29 июня 2009 г. №12-06/13.
15. Бакланова О.В., Чистякова Л.А. Новый гибрид огурца F1 Пилигрим: выращивание в пленочных теплицах. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.71.84.001>
16. Ушанов А.А., Ульянов Р.А., Миронов А.А. Оценка гетерозиса в реципрокных скрещиваниях инбредных линий партенокарпического огурца (*Cucumis sativus* L.). *Овощи России*. 2022;(1):19-23. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-19-23>
17. Мокрянская Т.И., Гороховский В.Ф. Характер проявления гетерозиса – надежный индикатор высокой специфической комбинационной способности у огурца пчелоопыляемого типа. *Овощи России*. 2021;(3):76-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>
18. [https://studbooks.net/1315553/agropromyshlennost/statisticheskaya\\_obrabotka\\_dannyh\\_gibridologicheskogo\\_analiza](https://studbooks.net/1315553/agropromyshlennost/statisticheskaya_obrabotka_dannyh_gibridologicheskogo_analiza)
19. Кибальник О.П. Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго. Вестник НГАУ. 2019;2(51):15-24. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24>
20. Савченко В.К., Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм. Методики генетико-селекционного и генетического эксперимента. Минск, 1973. С.48-77.

## • References

1. Chistyakova L.A., Baklanova O.V., Breeding of parthenocarpic cucumber hybrids for heated greenhouses. *Potatoes and vegetables*. 2022;(3):27-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.78.85.005>
2. Chistyakova L.A., Baklanova O.V. Cucumber breeding in Agroholding "Poisk". *Potatoes and vegetables*. 2020;(8):8-9. (In Russ.)
3. <https://reestr.gossortrf.ru/>
4. Litvinov S.S. Field experiment technique in vegetable growing. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2011. 648 p. (In Russ.)
5. Recommendations and guidelines for selection and seed production of cucumber. VNIISOK. M., 1999. 293 p. (In Russ.)
6. Guidelines for selection and seed production of heterotic cucumber hybrids. Compiled by N.N. Tkachenko, O. V. Yurina, E.T. Meshcherov et al. M., 1985. 56 p. (In Russ.)
7. Guidelines for the selection and seed production of cucumbers in greenhouses. M., VASKHNIL, 1976. 73 p. (In Russ.)
8. Guidelines for the selection of cucumbers. VNIISOK. Compiled by: O.V. Yurina, N.N. Korganova, I.V. Ermolenko and others. Moscow: Agropromizdat, 1985. 55 p. (In Russ.)
9. Methodology for state variety testing of agricultural crops. M., 1985. 263 p. (In Russ.)
10. Dospekhov B.A. Methods of field experience, M.: "Kolos", 1985. 423 p. (In Russ.)
11. Makarova E.L., Chistyakova L.A., Baklanova O.V., Bortsova Yu.V. Variety study of parthenocarpic cucumber hybrids under conditions of the second light zone (Kirov). *Potatoes and vegetables*. 2020;(11):22-25. DOI: 10.25630/PAV.2020.30.39.004
12. <https://sad24.ru/ogorod/formirovanie-kusta-ogurcov-v-odin-osnovnoj-stebel-opisanie-sxema-video.html>
13. <http://potatoveg.ru/ogorodnik/kak-formirovat-rasteniya-partenokarpicheskix-gibridov-ogurca-v-plenochnyx-teplicax.html>
14. Methodology RTG / 0061/2 "Assessmentfordistinctness, uniformity and stability of cucumber (*Cucumis sativus* L.)" dated June 29, 2009. No. 12-06 / 13.
15. Baklanova O.V., Chistyakova L.A. New cucumber hybrid F1 Pilgrim: cultivation in greenhouses. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):37-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.71.84.001>
16. Ushanov A.A., Ulyanov R.A., Mironov A.A. Evaluation of heterosis through reciprocal crosses of inbred cucumber lines (*Cucumis sativus* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):19-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-19-23>
17. Mokryanskaya T.I., Gorokhovskiy V.F. The nature of the manifestation of heterosis is a reliable indicator of a high specific combination ability in a cucumber of the bee-pollinated type. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):76-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>
18. [https://studbooks.net/1315553/agropromyshlennost/statisticheskaya\\_obrabotka\\_dannyh\\_gibridologicheskogo\\_analiza](https://studbooks.net/1315553/agropromyshlennost/statisticheskaya_obrabotka_dannyh_gibridologicheskogo_analiza)
19. Kibalnik O.P., Hybrid vigour effect in sorghum selection. Bulletin of NSAU. 2019;2(51):15-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24>
20. Savchenko, V.K. Method of estimation of combinational ability of genetically different-quality sets of parent forms. Minsk: NaukaITekhnika. 1973. Pp. 48-78. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-17-22>  
УДК 635.615:631.526.32(470)

В.Э. Лазько<sup>1</sup>, Е.А. Варивода<sup>2\*</sup>,  
О.В. Якимова<sup>1</sup>, Е.В. Ковалева<sup>1</sup>,  
И.Н. Бочерова<sup>2</sup>, Р.К. Ковалев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» 350921, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п. Белозерный, 3

<sup>2</sup> 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

\*Автор для переписки: elena-varivoda@mail.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:** 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>

**Поступила в редакцию:** 04.03.2022

**Принята к печати:** 26.05.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Viktor E. Lazko<sup>1</sup>, Elena A. Varivoda<sup>2\*</sup>,  
Olga V. Yakimova<sup>1</sup>, Ekaterina V. Kovaleva<sup>1</sup>,  
Irina N. Bocherova<sup>2</sup>, Roman K. Kovalev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Rice" 3, Belozerny settlement, Krasnodar Territory, Krasnodar, Russia, 350921

<sup>2</sup> 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

\*Corresponding author: elena-varivoda@mail.ru

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

**Author contributions:** 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:** 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. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-17-22>

**Received:** 04.03.2022

**Accepted for publication:** 26.05.2022

**Published:** 20.07.2022

# Экологическое испытание сортов арбуза волгоградской и краснодарской селекции в разных зонах юга России



## Резюме

**Цель работы.** С целью формирования адресного сортимента арбуза для конкретных почвенно-климатических условий проведена оценка и получены результаты экологической адаптивности сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и Быковской БСОС в разных зонах бахчеводства.

**Методы.** Объект исследования – сорта арбуза селекции двух научно-исследовательских учреждений. Испытания проведены в трех агроэкологических зонах: Астраханская, Волгоградская области и Краснодарский край. Агротехнические мероприятия применяли в соответствии с принятыми для зоны исследований рекомендациями.

**Результаты.** Несмотря на разные почвенно-климатические условия выращивания, все сорта показали высокую потенциальную урожайность, регулярность и устойчивость плодоношения, контролируемую генотипом сортов. Сорта арбуза способны сформировать высокий урожай на суходольных участках. Метеоусловия в период выращивания оказывали влияние на длину вегетационного периода. От появления всходов и до созревания у сортов группы ранней спелости отмечено увеличение до 5...15 дней, в группе сортов среднего и позднего срока созревания до 20...49 дней. Разброс в лимитах биометрических показателей и массы плодов зависел от погодных условий, но был в пределах сортовых параметров. На накопление сухих растворимых веществ в мякоти плодов фактор условия выращивания не оказывал влияние. Товарность убранных плодов составляет 80...90 % с высокими вкусовыми качествами. Результаты проведенных испытаний показали, что сорта Краснодарской и Волгоградской селекции проявляют адаптивность к конкретным условиям региона. Использование их даст возможность снизить до минимума потери от метеоусловий периода вегетации и получать стабильные и высокие урожаи.

**Ключевые слова:** арбуз, сорт, почвенно-климатические условия, экологическое испытание, урожайность, качество продукции

# Ecological testing of Volgograd and Krasnodar variety of watermelon breeding in different zones of the south of Russia

## Abstract

**Relevance.** In order to form a targeted assortment of watermelon for specific soil and climatic conditions, an assessment was made and the results of the ecological adaptability of varieties bred by FSBSI "FNTs Rice" and Bykovskaya BSOS in different zones of melon growing were obtained.

**Methodology.** The object of the study is watermelon varieties bred by two research institutions. Tests were carried out in three agroecological zones: Astrakhan, Volgograd regions and Krasnodar region. Agrotechnical measures were applied in accordance with the recommendations adopted for the study area.

**Results.** Despite different soil and climatic conditions of cultivation, all varieties showed high potential yield, regularity and stability of fruiting, controlled by the genotype of the varieties. Varieties of watermelon are able to form a high yield in dry areas. Meteorological conditions during the growing period influenced the length of the growing season. From germination to ripening, the varieties of the early ripeness group showed an increase of up to 5...15 days, in the group of varieties of medium and late ripening up to 20...49 days. The spread in the limits of biometric indicators and fruit weight depended on weather conditions, but was within the varietal parameters. The factor of growing conditions did not influence the accumulation of dry soluble substances in the fruit pulp. Marketability of harvested fruits is 80...90% with high taste qualities. The results of the tests have shown that the varieties of the Krasnodar and Volgograd breeding show adaptability to the specific conditions of the region. Using them will make it possible to minimize losses from the weather conditions of the growing season and obtain stable and high yields.

**Keywords:** watermelon, variety, soil and climatic conditions, environmental testing, productivity, product quality

**Введение**

Земледельческим опытом, а также многочисленными научными работами установлено, что сельскохозяйственные культуры максимально реализуют свой продукционный потенциал в том случае, когда условия возделывания в наибольшей степени отвечают их агроэкологическим требованиям. На современном этапе развития аграрной науки и практики в передовых сельскохозяйственных предприятиях этот принцип реализуется в адаптивно-ландшафтных системах земледелия [1,2,3]. Арбуз (*C. lanatus*) является самой популярной культурой среди бахчевых, на которую приходится 7% мировых площадей, отведенных под овощеводство [4]. В Российской Федерации арбуз также занимает лидирующие позиции в отрасли бахчеводства, его посевные площади составляют 70...80% от посевов бахчевых культур. Однако его производство недостаточно для обеспечения населения в полном объеме. По рекомендациям Минздрава РФ, норма потребления бахчевых культур должна составлять 15 кг в год на человека, в 2020 году этот показатель составил 12,1 кг [5]. Одним из важнейших мероприятий по увеличению производства плодов арбуза и дыни, является создание и внедрение адаптивных к почвенно-климатическим условиям бахчесеющих районов Юга России высокоурожайных сортов. По данным Государственного реестра по испытанию и охране селекционных достижений, допущенных к использованию на 2021 год районировано 301 сорт и гибрид арбуза столового [6]. Несмотря на большой сортимент сортов арбуза столового, использование их в производстве без информации об их экологической стабильности и пластичности является нецелесообразным. Для выращивания высоких и устойчивых урожаев необходимо использовать только районированные сорта, апробированные в географическом ареале, выделившиеся по продуктивности, качеству плодов, устойчивости к биотическим факторам среды и погодным условиям региона возделывания [7,8].

Правильный выбор сорта в значительной степени определяет устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов в период вегетации и высокую потенциальную продуктивность, что в итоге характеризует адаптивность растений к конкретным почвенно-климатическим условиям региона и выявляет агробиологическую и экономическую целесообразность выращивания бахчевых культур. Проведение эко-

логических испытаний позволяют дифференцировать сорта по реакции на агрофон и адресно использовать их в производстве. Это позволит получать устойчивые и гарантированные урожаи без потерь от климатических условий зоны выращивания и дополнительных затрат на интенсификацию технологии выращивания. Часто, основной ошибкой является интродукция сортов без предварительной проверки на адаптивность к почвенно-климатическим условиям. Посадка не апробированного семенного материала может не дать удовлетворительных результатов в ожидаемом урожае.

Основными районами выращивания бахчевых культур в Южном Федеральном округе являются Астраханская и Волгоградская области, а также Краснодарский край. На их долю по данным Росстата РФ в 2020 году приходилось 41% валового производства бахчевой продукции (см. рисунок 1) [9]. Поэтому проведение экологического испытания сортов арбуза проводится в этих регионах.

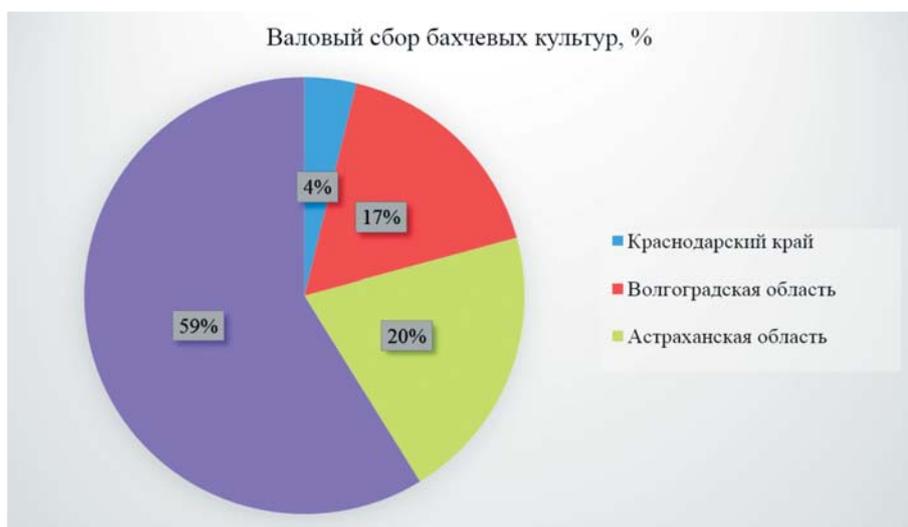
Цель работы – экологическое испытание сортов селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО и ФГБНУ «ФНЦ риса» с целью формирования адресного сортового сортимента арбуза для конкретной почвенно-климатической зоны выращивания.

**Место и условия проведения исследований**

Важным моментом становится определение адаптивности сортов селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО и ФГБНУ «ФНЦ риса» для выращивания в разных почвенно-климатических зонах. Для этих целей проводили экологические испытания в трех зонах, отличающихся почвенно-климатическими условиями; Среднее Поволжье, Краснодарский край и Астраханская область. Опытные делянки закладывали на производственном участке в дельте реки Волга в хозяйстве ООО «АгроТехнология» Камызякского района Астраханской области, в Центральной зоне Краснодарского края на селекционно-семеноводческом участке ФГБНУ «ФНЦ риса» и в сухостепной зоне Волгоградского Заволжья в селекционном питомнике Быковской БСОС – филиале ФГБНУ ФНЦО. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с рекомендованными методиками полевого опыта в овощеводстве [10,11,12,13]. Агротехнические мероприятия по выращиванию на опытных участках выполняли в соответствии с разработанными рекомендациями для регионов [14,15,16].

В Волгоградском Заволжье климат континентальный с жарким засушливым летом. Абсолютный максимум температуры воздуха в летний период достигает 44°C. Сумма среднесуточных температур выше 10°C – 2900...3150°C. В теплый период осадков выпадает 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% [17].

Климат центральной зоны Краснодарского края умеренно-континентальный.



**Рис. 1. Валовый сбор бахчевых культур по основным регионам возделывания**  
**Fig. 1. Gross harvest of melons and gourds by main regions of cultivation**

ментальный 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 активных температур за вегетационный период составляет 3400–3600 °С. Почва – выщелоченный слитый чернозем. В пахотном горизонте содержится 3,5...4,6% гумуса, 15...20 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20...30 мг K<sub>2</sub>O и сумма поглощенных оснований 39 мг-экв на 100 г воздушно-сухой почвы. После выпадения осадков пахотный горизонт склонен к заплыванию и образованию корки [18,19]. Климатические показатели этих двух зон удовлетворяют биологическим требованиям бахчевых культур и позволяют получать устойчивые урожаи в богарных условиях.

Климат в дельте реки Волга Астраханской области умеренно-континентальный, теплый и засушливый. Весенние температуры позволяют высевать бахчевые культуры с середины мая. В летний период максимальная температура воздуха поднимается до 41°C. Сумма активных температур составляют 3500...3615°C. Осадков выпадает 180...233 мм. Гидротермический коэффициент района от 0,2 до 0,3. Почвы опытного участка аллювиально-луговые, темноцветные, среднесуглинистые, слабозасоленные. Содержание гумуса составляет 1,2...2,7%, азота легкогидролизуемого 65,1...77,4 мг, подвижного фосфора 66,5...112,4 мг, обменного калия 195,3...228,8 мг на 1 кг воздушно-сухой почвы. Дефицит влаги в дельте реки Волга не позволяет выращивание арбуза без полива. Из-за близкого залегания от поверхности почвы засоленных грунтовых вод применяли капельный полив с водозабором из дренажного канала. Характеристики химического состава поливной воды (рН=7, суммарное содержание солей = 220 мг/л) вполне удовлетворяли требования бахчевых культур [15].

В целом почвенно-климатические условия района позволяют выращивать бахчевые культуры, только при непрерывной организации регулярного орошения.

### Результаты и их обсуждение

Для адресной рекомендации использования сортиментов арбуза в конкретном регионе необходима предварительная оценка воздействия на эти сорта лимитирующих факторов окружающей среды. Погодные условия в районах проведения испытания сортов арбуза были контрастными по температурному режиму и осадкам, что позволило дать всестороннюю оценку экологической адаптивности сортов арбуза селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО. К посеву семян приступают при прогревании почвы до 12...15°C. В Астраханской области оптимальный срок посева наступил в конце первой декады мая. В центральной зоне Краснодарского края арбуз был посеян в начале третьей декады апреля. Посев арбуза на Быковской опытной станции проводился во второй декаде мая.

Весна в дельте реки Волга была короткая. Лето наступило рано с интенсивным нарастанием высоких температур. Появление всходов и рост растений арбуза в центральной зоне Краснодарского края сдерживался возвратом низких температур конце апреля и первой декаде мая. Температуры воздуха в июне и июле превышали на 1,5...3,7°C среднемноголетние значения. В отдельные дни в период цветения температура воздуха поднималась до 39...41°C, что отразилось на качестве опыления завязей. Погодные условия Волгоградского Заволжья характеризовались большим количеством осадков в мае и июне. Осадки в этот период превысили среднемноголетние значения в 2,1-3,3 раза, что привело к высокой заболеваемости арбуза в первые фазы развития растений. Третья декада июня, июль и август, отличались низким количеством осадков и высокими температурами воздуха, средняя температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,6...2,2 °С.

Сложившиеся погодные условия в районах проведения оценки с лимитированным по влагообеспеченности периодом вегетации на фоне высокого теплового баланса характеризуются как удовлетворительные и в целом были благоприятные для роста растений арбуза (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия в период вегетации арбуза, 2021 год  
Table 1. Meteorological conditions during the growing season of watermelon, 2021

Месяц	Сумма активных температур, °С			Сумма осадков, мм			ГТК (гидротермический коэффициент)		
	А	К	В	А	К	В	А	К	В
Апрель (III дек.)	157	128	102	17	16	5,3	1,08	1,25	0,52
Май	623	649	589	12	109	147	0,19	1,68	2,49
Июнь	950	753	703	13	113	92	0,14	1,50	1,3
Июль	960	965	843	7	88	13	0,07	0,91	0,16
Август	849	968	840	14	113	5	0,02	1,17	0,06
Сентябрь (I дек.)	184	204	171	1	7	9	0,05	0,34	0,51
За период вегетации	3713	3667	3247	57	446	272	0,15	1,22	0,84

А - Астраханская область, Камызякский район, дельта реки Волга, ГМС г. Камызяк;  
К - Центральная зона Краснодарского края, г. Краснодар АМП – Круглик;  
В - сухостепная зона Волгоградского Заволжья, ГМС Быковский район.

Анализ полученных результатов биометрических параметров плодов арбуза показал, что основные признаки контролируются генотипом сортов. На суходольных участках выращивания Заволжья и Кубани доминирующая роль (71,3%) в формировании массы плодов принадлежала генотипу сортов арбуза и в меньшей степени (6,9%) зависела от погодных условий периода вегетации. В дельте реки Волга регулярный полив повлиял на массу плодов арбуза. Разница в массе плодов на орошаемом участке составляла от 1,5 до 3,8 кг в сравнении с показателями при выращивании на богаре. Доля влияния орошения составила 21,7%. Прибавку в массе плодов более 3-х кг на капельном поливе была получена у сортов Ница, Фаворит и Волжанин (табл.2). Сорта арбуза, которые выращивали в разных экозонах, относятся к «сортам – популяциям» но благодаря многолетней сортоулучшающей работе они достаточно выровненные. Неоднородность и разброс в лимитах по высоте, диаметру и индексу плодов в большей степени (68,0%) зависели от погодных условий периода вегетации, но все показатели оставались в пределах заявленных характеристик сортов. Накопление сухого растворимых веществ (СРВ) в мякоти плодов контролировалось генотипом сортов (78,2%). Меньшее влияние оказывал температурный баланс и режим увлажнения зоны выращивания. Разница в показателях по сортам составляла от 0,1 до 1,9%. В Волгоградской области на богаре метеоусловия, несмотря на дефицит увлажнения во вто-

рой половине вегетации, способствовали большему накоплению сухих растворимых веществ у всех сортов арбуза, кроме сортов Волжанин и Рубин. Минимальные показатели СРВ были получены в центральной зоне Краснодарского края из-за стрессового воздействия аномально высоких температур. Метеоусловия Астраханской области отличались максимальным тепловым балансом. Сумма активных температур за период вегетации была выше на 46°С, чем в Краснодарском крае и на 4660С, чем в Волгоградской области. Несмотря на воздушно-сухую засуху благодаря орошению были созданы оптимальные условия для роста растений и максимальному накоплению СРВ в мякоти плодов арбуза.

Анализ полученных результатов показал, что продолжительность вегетационного периода соответствует сортовым характеристикам арбуза. На амплитуду колебания сроков созревания плодов внутри сортов оказывали влияние почвенно-климатические условия зоны выращивания. Доля влияния составляла 47,7%. У всех сортов арбуза в дельте реки Волга увеличилась длина вегетационного периода. У сортов ранней группы спелости разница составляла 5...15 дней. Сорта среднего и позднего срока созревания убирала значительно позже. Особенно выделились сорта Икар и Рубин, которые собирали на 20...49 дней позже. В Краснодарском крае у этих же сортов отмечено увеличение периода от появления всходов до созревания на 18...34 дня (табл.3).

Таблица 2. Биометрические показатели плодов арбуза по зонам выращивания  
Table 2. Biometric indicators of watermelon fruits by growing areas

Сорт (А)	Масса, кг		Среднее из 10 плодов, μ			СРВ %
	max-min	средняя	высота (h)	диаметр (d)	индекс (h/d)	
<b>Астраханская область, дельта реки Волга (В)</b>						
Терский ранний	4,1-3,0	3,7	18,0	17,9	1,01	9,3
Ница	6,9-4,2	5,8	20,7	20,3	1,02	10,9
Юбиляр	7,8-4,0	5,9	21,2	20,6	1,04	10,3
Необычайный	11,3-4,6	6,4	33,2	17,6	1,61	11,5
Фаворит	8,1-4,2	5,2	22,5	21,5	1,04	10,0
Волжанин	11,0-5,1	6,8	30,1	17,9	1,42	13,2
Икар	9,0-5,8	6,3	24,4	24,0	1,02	10,9
Рубин	8,9-4,2	5,5	25,6	24,8	1,04	10,1
<b>Краснодарский край, центральная зона (В)</b>						
Терский ранний	3,8-2,9	3,4	17,0	16,9	1,00	9,0
Ница	7,1-3,2	5,5	19,0	18,7	1,02	10,5
Юбиляр	6,9-3,4	5,7	17,5	16,6	1,06	9,8
Необычайный	9,6-3,7	5,1	30,0	18,7	1,51	11,6
Фаворит	7,6-4,7	4,6	21,3	20,3	1,05	8,2
Волжанин	10,4-3,2	5,2	29,7	17,3	1,38	12,7
Икар	8,9-3,9	5,9	23,2	22,7	1,03	11,3
Рубин	8,1-3,6	4,6	23,3	22,2	1,05	9,7
<b>Волгоградская область, Заволжье (В)</b>						
Атаманский	10,8-5,4	9,0	29	24	1,21	10,0
Ница	7,7-6,3	7,0	27,0	23,0	1,17	10,0
Юбиляр	8,8-5,6	7,2	24	21	1,14	11,4
Монастырский	9,1-4,2	7,4	26	25	1,04	11,6
Фаворит	12,0-6,2	9,0	29,1	27,8	1,04	11,0
Волжанин	12,4-5,2	8,4	34,2	23,4	1,46	13,5
Икар	10,0-5,1	7,5	22,4	19,8	1,13	12,4
Рубин	9,0-5,1	8,1	24,6	23,8	1,03	10,8
<b>Масса плода</b>			Сорт (А) Fфакт. 22,98 > Fтеор. 3,73 Условия (В) Fфакт. 0,63 > Fтеор. 2,76			
<b>СРВ</b>			Сорт (А) Fфакт. 13,41 > Fтеор. 3,73 Условия (В) Fфакт. 6,06 < Fтеор. 2,76			

Таблица 3. Урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов арбуза по зонам выращивания  
 Table 3. Productivity and duration of the growing season of watermelon varieties by growing zones

Сорт (А)	Вегетационный период, дней	Урожайность, т/га	Товарность плодов, %	Вкусовые качества, балл
<b>Астраханская область, дельта реки Волга (В)</b>				
Терский ранний	70	22,3	85	3
Ница	90	30,6	90	5
Юбиляр	80	36,4	80	4
Необычайный	105	40,1	90	4
Фаворит	105	29,8	90	5
Волжанин	105	31,0	85	4
Икар	115	36,0	80	4
Рубин	125	27,9	90	4
<b>Краснодарский край, центральная зона (В)</b>				
Терский ранний	65	20,4	90	4
Ница	75	29,7	85	5
Юбиляр	75	30,5	80	4
Необычайный	95	32,4	85	5
Фаворит	85	29,1	90	5
Волжанин	90	31,7	90	5
Икар	100	28,4	85	5
Рубин	110	30,2	80	5
<b>Волгоградская область, Заволжье (В)</b>				
Атаманский	71	15,8	90	5
Ница	75	16,0	85	4
Юбиляр	68	11,4	90	5
Монастырский	76	22,4	90	4
Фаворит	80	21,0	90	4
Волжанин	74	20,4	80	5
Икар	82	15,4	85	5
Рубин	76	18,4	90	4
<b>Длина вегетационного периода</b>		Сорт (А) Fфакт. 6,14 > Fтеор. 3,73 Условия (В) Fфакт. 16,54 > Fтеор. 2,76		
<b>Урожайность</b>		Сорт (А) Fфакт. 36,26 > Fтеор. 3,73 Условия (В) Fфакт. 2,68 < Fтеор. 2,76		

Фактор среды не повлиял на урожайность сортов арбуза Волгоградской и Краснодарской селекции. По всем сортам максимальный урожай был собран на орошаемом участке в Астраханской области. На суходольных участках урожайность по сортам была ниже.

У всех испытываемых сортов арбуза, независимо от зоны выращивания, в собранном урожае было от 80 до 90% товарных плодов с высокими вкусовыми качествами.

### Заключение

Агрэкологические испытания дают объективную оценку целесообразности выращивания сортов арбуза в той или иной почвенно-климатической зоне. Сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО имеют достаточно высокую пластичность к условиям выращивания. Анализ данных экологического испытания сортов арбуза в трех зонах



**Фаворит**



**Рубин**



**Необычайный**

выращивания бахчевых культур показал следующее:

- по фитосанитарной оценке сорта обладают устойчивостью к почвенным патогенам (фузариозу);
- сорта устойчивы к температурным стрессам и отзывчивы на почвенно-климатические условия выращивания. При благоприятном температурном балансе и влагообеспеченности формируют плоды большей массы и высокий урожай на суходольных участках;
- почвенно-климатические условия влияют на длину

вегетационного периода. У сортов ранней группы спелости разница может составлять 5...15 дней, у сортов среднего и позднего срока созревания до 20...49 дней;

- товарность убранных плодов составляет 80...90% с высокими вкусовыми качествами.

Использование высокоадаптивных сортов арбуза даст возможность снизить до минимума потери от неблагоприятных метеоусловий периода вегетации и получать стабильные и высокие урожаи.

## Об авторах:

**Виктор Эдуардович Лазько** – ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией бахчевых и луковых культур, arrri\_kub@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>

**Елена Александровна Варивода** – старший научный сотрудник, автор для переписки, elena-varivoda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595

**Ольга Владимировна Якимова** – научный сотрудник, belyaeva12092013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1726-6580>

**Екатерина Викторовна Ковалева** – ведущий агроном по семеноводству, evik22041976@mail.ru

**Ирина Николаевна Бочерова** – научный сотрудник, bo4erowa.irina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2823-5701>, Researcher ID ABG-7016-2021

**Роман Константинович Ковалев** – заведующий Поволжским опорным пунктом ФГБНУ «ФНЦ риса», arrri\_kub@mail.ru

## About the authors:

**Viktor E. Lazko** – Leading Researcher, Head of the Laboratory of Melon and Onion Crops, arrri\_kub@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>

**Elena A. Varivoda** – Senior Researcher, Correspondence Author, elena-varivoda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, Researcher ID U-7561-2018, Scopus ID 57216612595

**Olga V. Yakimova** – Researcher, belyaeva12092013@yandex.ru, ORCID 0000-0002-1726-6580

**Ekaterina V. Kovaleva** – Leading Agronomist for seed production, evik22041976@mail.ru

**Irina N. Bocherova** – Researcher, bo4erowa.irina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2823-5701> Researcher ID ABG-7016-2021

**Roman K. Kovalev** – Head of the Volga stronghold of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Rice", arrri\_kub@mail.ru

## • Литература

1. Гиш Р.А., Гикало Г.С. Овощеводство юга России. Краснодар: ЭДВИ, 2012;632 с.
2. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агрофитосферы (теория и практика). М.: Агрорус, 2004;1:690.
3. Беседина Т.Д. Экологическая характеристика интродуцированных сортов *actinidia deliciosa* в условиях влажных субтропиков России. *Труды государственного аграрного университета. Краснодар.* 2014;100(06):23-35.
4. Shaogui Guo, Jianguo Zhanget al. The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions. *Nature Genetics* 2013;45:51–58. <https://doi.org/10.1038/ng.2470>
5. Федеральная служба государственной статистики. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2020 году. М., 2021. 18 с.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2021;1:679.
7. Проблемы селекции, технологии возделывания и маркетинга овощебахчевых культур: Материалы международных научно-практических конференций в рамках I-II фестивалей «Синьор помидор» и VII-VIII «Российский арбуз». Астрахань: «Новая линия», 2010. 260 с.
8. Grumet R., James D. McCreight, Cecilia McGregor et al. Genetic Resources and Vulnerabilities of Major Cucurbit Crops. *Genes*. 2021;12(8):12-22 [doi.org/10.3390/genes12081222](https://doi.org/10.3390/genes12081222)
9. База данных муниципальных образований. Дата обращения 26.01.2022 <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst.htm>
10. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
11. Шмаль В.В. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. М., 2005. 119 с.
12. Лудилов В.А., Быковский Ю.А. Аprobация бахчевых культур: справочное пособие. М., 2007. 181 с.
13. Цыбулевский Н.И. Бахчевые культуры. Рекомендации. Краснодар, 2009. 35 с.
14. Верховодов П.А. Пособие бахчеводству. Ростов-на-Дону, 2009. 100 с.
15. Рекомендации по выращиванию бахчевых культур в хозяйствах Волгоградской области. Волгоград, 2007. 40 с.
16. Гуляева Г.С. Разработка элементов ресурсосберегающей технологии возделывания арбуза в условиях орошения. Астрахань, 2004. 136 с.
17. Колешошина Т.Г., Варивода Е.А. Приемы возделывания арбуза на семена. *Картофель и овощи.* 2019;10:23-26. DOI: 10.25630/PAV.2019.30.63.002
18. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.И. Почвоведение (почвы северного Кавказа). Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 728 с.
19. Подколзин О.А., Соколова И.В., Осипов А.В., Слюсарев В.Н. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края. *Труды государственного аграрного университета. Краснодар.* 2017;68:117-124.

## • References

1. Gish R.A., Gikalo G.S. Vegetable growing in the south of Russia. *Krasnodar: EDVI*, 2012. 632 p. (In Russ.)
2. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice). Moscow: Agrorus. 2004;1:690. (In Russ.)
3. Besedina T.D. Ecological characteristics of introduced varieties of *actinidia deliciosa* in the humid subtropics of Russia. *Proceedings of the State Agrarian University. Krasnodar.* 2014;100(06):23-35. (In Russ.)
4. Shaogui Guo, Jianguo Zhanget al. The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions. *Nature Genetics*. 2013;45:51–58. <https://doi.org/10.1038/ng.2470>
5. Federal State Statistics Service. Household food consumption in 2020. M., 2021. 18 p. (In Russ.)
6. State register of selection achievements approved for use. 2021;1:679. (In Russ.)
7. Problems of breeding, cultivation technology and marketing of vegetable and gourd crops: Proceedings of international scientific and practical conferences within the framework of I-II festivals "Signor tomato" and VII-VIII "Russian watermelon". Astrakhan: "New Line", 2010. 260 p. (In Russ.)
8. Grumet R., James D. McCreight, Cecilia McGregor et al. Genetic Resources and Vulnerabilities of Major Cucurbit Crops. *Genes*. 2021;12(8):12-22 [doi.org/10.3390/genes12081222](https://doi.org/10.3390/genes12081222)
9. Database of municipalities. Retrieved 26.01.2022
10. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M., 2011. 649 p. (In Russ.)
11. Shmal V.V. Methodology for testing for distinctness, uniformity and stability. M., 2005. 119 p. (In Russ.)
12. Ludilov V.A., Bykovsky Yu.A. Approbation of gourds: a reference guide. M., 2007. 181 p. (In Russ.)
13. Tsybulevsky N.I. Gourd cultures. Recommendations. Krasnodar, 2009. 35 p. (In Russ.)
14. Verkhovodov P.A. Benefit to melon growing. Rostov-on-Don, 2009. 100 p. (In Russ.)
15. Recommendations for the cultivation of gourds in the farms of the Volgograd region. Volgograd, 2007. 40 p. (In Russ.)
16. Gulyaeva G.S. Development of elements of a resource-saving technology for the cultivation of watermelon under irrigation. Astrakhan, 2004. 136 p. (In Russ.)
17. Koleshoshina T.G., Varivoda E.A. Methods of cultivation of watermelon for seeds. *Potatoes and vegetables.* 2019;10:23-26. DOI: 10.25630/PAV.2019.30.63.002 (In Russ.)
18. Valkov V.F., Shtompel Yu.A., Tyulpanov V.I. Soil science (soils of the North Caucasus). Krasnodar: Sov. Kuban, 2002. 728 p. (In Russ.)
19. Podkolzin O.A., Sokolova I.V., Osipov A.V., Slyusarev V.N. Monitoring of soil fertility in the lands of the Krasnodar Territory. *Proceedings of the State Agrarian University. Krasnodar.* 2017;68:117-124. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>  
УДК 635.615:575.113.3:631.527.52

Е.А. Варивода\*, Г.В. Варивода,  
О.Г. Вербитская

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

\*Автор для переписки:  
elena-varivoda@mail.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:** Варивода Е.А., Варивода Г.В., Вербитская О.Г. Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам. *Овощи России*. 2022;(4):23-27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>

**Поступила в редакцию:** 12.05.2022

**Принята к печати:** 27.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Elena A. Varivoda\*, Gennady V. Varivoda,  
Olga G. Verbitskaya

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

\*Corresponding author: elena-varivoda@mail.ru

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

**Author contributions:** 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:** Varivoda E.A., Varivoda G.V., Verbitskaya O.G. Evaluation of the degree of dominance and heterosis effect of table watermelon according to the main economic characteristics. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):23-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-23-27>

**Received:** 12.05.2022

**Accepted for publication:** 27.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам



## Резюме

Гетерозисная селекция в настоящее время получила широкое распространение в растениеводстве. Превосходство гетерозисных гибридов над сортами по многим показателям давно известно. Однако широкое применение гетерозиса в бахчеводстве тормозится из-за высокой себестоимости семенного материала, ввиду отсутствия линий с мужской стерильностью. Целью данной работы являлась оценка гетерозисных гибридов арбуза, полученных на основе линии с мужской стерильностью, выделенной на Быковской опытной станции.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в 2020 и 2021 годах на Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО. Объектом исследований являются гетерозисные гибриды арбуза. В качестве стандарта использовался гетерозисный гибрид арбуза Бархан. В работе использовали классические методы селекции: инцухт и гибридизация.

**Результаты исследований.** Проведенная оценка гибридов арбуза по основным хозяйственным признакам выявила лучшие комбинации в сравнении со стандартом. По содержанию сухого вещества выделились четыре гибрида арбуза, превышение над стандартом составило от 0,6 до 1,9%. Показатель средней массы плода у одного гибрида ЛИР был на уровне стандарта и составил 6,5 кг. Остальные гибриды превысили стандарт Бархан на 1,2-4,0 кг. Средняя урожайность изученных гибридов составляла от 19,0 до 22,5 т/га. Расчет таких показателей как степень доминирования, эффекты истинного и гипотетического гетерозиса позволил выделить три комбинации, обладающие высокими показателями.

**Выводы.** Таким образом, выявлено, что урожайность у гетерозисных гибридов арбуза наследуется по принципу сверхдоминирования. Наследование признаков содержание сухого вещества и средняя масса плода колеблется от минус сверхдоминирования до сверхдоминирования у различных комбинаций. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены три комбинации арбуза столового: ЛКн, ЛМр и ЛФт.

**Ключевые слова:** гетерозис, гибриды, отбор, доминирование, урожайность, мужская стерильность

## Evaluation of the degree of dominance and heterosis effect of table watermelon according to the main economic characteristics

### Abstract

**Summary.** Heterotic selection is now widely used in crop production. The superiority of heterotic hybrids over varieties in many respects has long been known. However, the widespread use of heterosis in melon growing is hampered by the high cost of seed material, due to the lack of lines with male sterility. The aim of this work was to evaluate heterotic hybrids of watermelon obtained on the basis of a line with male sterility isolated at the Bykovskaya Experimental Station.

**Materials and methods.** The studies were carried out in 2020 and 2021. at the Bykovskaya melon breeding experimental station - a branch of the FGBNU FNTSO. The object of research is heterosis hybrids of watermelon. The heterosis hybrid of watermelon Barkhan was used as a standard. Classical breeding methods were used in the work: incubation and hybridization.

**Research results.** The assessment of watermelon hybrids according to the main economic characteristics revealed the best combinations in comparison with the standard. According to the content of dry matter, four hybrids of watermelon stood out, the excess over the standard ranged from 0.6 to 1.9%. The indicator of the average weight of the fetus in one LIR hybrid was at the level of the standard and amounted to 6.5 kg. The remaining hybrids exceeded the Barkhan standard by 1.2-4.0 kg. The average yield of the studied hybrids ranged from 19.0 to 22.5 t/ha. The calculation of such indicators as the degree of dominance, the effects of true and hypothetical heterosis made it possible to identify three combinations with high rates.

**Conclusion.** Thus, it was found that the yield in heterotic hybrids of watermelon is inherited according to the principle of overdominance. Inheritance of traits dry matter content and average fruit weight ranges from minus overdominance to overdominance in various combinations. According to the complex of economically valuable traits, three combinations of table watermelon were distinguished: LKn, LMr and LFT.

**Keywords:** heterosis, hybrids, selection, dominance, productivity, male sterility

## Введение

Явление гетерозиса в настоящее время широко используется в растениеводстве как в России, так и за рубежом. Гетерозисные гибриды обладают повышенной жизненной силой, более высокой урожайностью, скороспелостью, однородностью, устойчивостью к заболеваниям в сравнении с родительскими формами [1,2]. Также гетерозисная селекция позволяет быстрее реагировать на запросы рынка, так как рынок овощной продукции очень динамичен и изменчив [3]. Получение гетерозисных гибридов возможно двумя способами – это искусственное опыление с изоляцией или кастрацией цветков и естественное переопыление родительских форм. Однако первый способ является высокочувствительным и трудоемким из-за большого объема ручного труда. Для получения гетерозисных гибридов при естественном переопылении родительских форм с высоким выходом гибридных семян следует использовать стерильные родительские формы. В настоящее время различные типы мужской стерильности широко используются в селекции большинства культур [4]. При выращивании многих культур гетерозисные гибриды занимают до 90% посевных площадей. Среди бахчевых культур гетерозисные гибриды не получили широкого распространения в связи с трудностью получения стерильной материнской формы [5]. В Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию на 2021 год зарегистрировано 200 гетерозисных гибридов арбуза, что составляет 66% от общего количества зарегистрированных селекционных достижений. По дыне районированные гетерозисные гибриды составляют 58% [6].

Гетерозисный эффект у арбуза может проявляться по урожайности, массе плода и содержанию сухих растворимых веществ [7]. Превышение гибридов над родительскими формами по содержанию растворимых сухих веществ можно получить, если родители незначительно различаются по этому признаку. В остальных случаях чаще наблюдается промежуточное наследование [8]. Еще одним преимуществом гетерозисных гибридов является возможность преодолевать отрицательные корреляционные связи, например, между продуктивностью и скороспелостью. Сочетание двух этих хозяйственно полезных признаков в одном генотипе у гибрида  $F_1$  – одно из наиболее ценных достижений гетерозисной селекции [9].

На Быковской селекционной опытной станции гетерозисная селекция арбуза начата в 90-х годах прошлого века. В результате выделена и отработана материнская линия арбуза с мужской стерильностью и двумя рецессивными признаками (цельнолистность, контролируется геном  $pl$  и светло-зеленая окраска плода, контролируется геном  $q$ ) – Л1. На основе этой линии в настоящее время районировано 5 гетерозисных гибридов арбуза.

**Эдем  $F_1$**  – районирован 2004 году. Vegetационный период 60-65 дней. Плоды шаровидной формы, массой от 5,0 до 10,0 кг. Поверхность плода гладкая, окраска фона светло-зеленая с темно-зелеными полосами. Мякоть от ярко-розовой до красной, сочная, сладкая, нежная. Содержание сухого вещества в соке плода до 12,0%. Ценность гибрида: раннеспелость, яркая окраска мякоти.

**Итиль  $F_1$**  – районирован в 2008 году. Vegetационный

период 70-75 дней. Плод широкоэллиптической формы. Окраска плода зеленая с темно-зелеными полосами. Плоды массой от 7,0 до 12,0 кг и более с очень плотной корой. Сухого вещества в соке плода – от 11,0 до 12,0%. Ценность гибрида: высокая транспортабельность и длительное сохранение вкусовых качеств.

**Русич  $F_1$**  – районирован в 2012 году. Vegetационный период 65 дней. Плод округлой формы. Окраска плода зеленая, рисунок – темно-зеленые полосы. Плоды массой от 5,0 до 10,0 кг. Мякоть ярко-розовая, сухого вещества в соке плода – от 11,0 до 13,0%. Ценность гибрида: высокое содержание сухих веществ.

**Дуэт  $F_1$**  – районирован в 2018 году. Гетерозисный гибрид раннего срока созревания. Имеет плоды округлой формы с зеленой окраской, рисунок – темно-зеленые узкие полосы. Мякоть красного цвета, нежная, сочная, сладкая. Ценность гибрида: устойчив к неблагоприятным условиям среды – переносит временное понижение температуры и засуху.

**Темп  $F_1$**  – районирован в 2019 году. Гетерозисный гибрид раннего срока созревания. Форма плода округлая. Окраска плода – зеленая с рисунком из темно-зеленых полос. Мякоть ярко красная, сочная, нежная. Ценность гибрида: раннеспелость, устойчивость к биологическим факторам среды.

Для увеличения сортимента создаваемых гетерозисных гибридов арбуза нами отработана новая линия арбуза с мужской стерильностью и рецессивным признаком – цельнолистность. Гибриды арбуза, полученные на основе новой линии, проходят оценку по морфологическим и качественным показателям.

Цель данной работы – определение степени доминирования и гетерозисного эффекта по основным признакам у новых гетерозисных гибридов арбуза столового и их оценка по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

## Материалы и методы исследований

Объектом исследований являются гетерозисные гибриды арбуза столового. Место исследований – Быковская бахчевая селекционная опытная станция, находящаяся в сухостепной зоне Волгоградского Заволжья. Почвы места исследований светло-каштановые, характеризующиеся низким содержанием гумуса (до 1%), содержание общего азота 0,12-0,15%, общего фосфора – 0,07-0,09%, обменного калия – 120-180 мг/кг.

Участок размещался в трехпольном севообороте: пар, бахча, яровые зерновые. Почвы светло-каштановые, супесчаные. Метод исследования – лабораторно-полевой. Гетерозисные гибриды испытывались в полевых условиях, по 30 растений на делянке, площадь питания одного растения 4 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

Проводили оценку гибридов  $F_1$  по хозяйственно ценным признакам: длина вегетационного периода, масса плода, урожайность в сравнении со стандартом. В качестве стандарта использовали гетерозисный гибрид арбуза столового иностранной селекции Бархан.

Особенностями климата зоны исследований является резко выраженная континентальность с жарким засушливым летом и малоснежной зимой. Погодные условия периода исследований приведены в таблице 1. Оценку погодных условий проводили с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова Г.Т. [10].

Таблица 1. Погодные условия вегетационного периода 2020-2021 годы  
Table 1. Weather conditions for the growing season 2020-2021

Период наблюдения	Количество осадков, мм		Сумма активных температур, °С		Гидротермический коэффициент		Примечание	
	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год	2020 год	2021 год
Май	91,3	147,0	476	589,8	1,9	2,49	влажный	избыточно-влажный
Июнь	35,2	92,6	721	703,4	0,5	1,3	очень засушливый	влажный
Июль	29,2	13,1	799	843,5	0,4	0,2	очень засушливый	очень засушливый
Август	2,9	4,8	667	840,2	0,04	0,06	очень засушливый	очень засушливый
Сентябрь	2,6	67,6	519	451,5	0,05	2,49	очень засушливый	влажный
Всего	161,2	380,0	3182	3428,4	0,5	1,3	очень засушливый	удовлетворительный

Метеорологические условия периода исследований характеризовались высокой суммой активных температур в период вегетации от 3182°С – в 2020 году до 3375°С – в 2021 году. Количество осадков в 2021 году было в 2 раза выше, чем в 2020 году. По месяцам вегетационного периода как в первый, так и во второй год исследований, количество осадков распределялось неравномерно, основное количество осадков выпадало на начало развития растений. Во время созревания плодов в августе, наблюдалось самое низкое количество осадков от 2,9 до 4,8 мм, при высокой сумме активных температур.

Степень доминирования (степень фенотипического проявления признака) – посредством сравнения средней выраженности признака у гибрида и обоих родительских форм методом Гриффинга [11]. Степень доминирования ( $H_p$ ) определяли по формуле:

$$H_p = \frac{F_1 - MF}{HF - MF} \quad \text{где}$$

$H_p$  – показатель наследования;  $F_1$  – среднее значение признака в гибридной семье;  $MF$  – среднее значение признака между обоими родителями;  $HF$  – значение признака у лучшего родителя.

При условии  $h_p > 1$  классифицировали положительный гетерозис,  $h_p = 0,5 - 1,0$  – положительное доминирование, при  $h_p$  в диапазоне от +0,5 до -0,5 – промежуточное наследование, при  $h_p = -0,5$  до -1,0 – отрицательное доминирование, при  $h_p < -1,0$  – отрицательный гетерозис.

Величину истинного и гипотетического гетерозиса вычисляли по Омарову [12]:

Гетерозис истинный (Гист.) характеризует более сильное проявление признака в  $F_1$  по сравнению с лучшей родительской формой.

$G_{ист} = F_1 - P_{луч} / P_{луч} \times 100\%$ ; где  $F_1$  – изучаемый показатель у гибрида;  $P_{луч}$  – этот же показатель у лучшего родителя.

Гипотетический гетерозис ( $G_{гип}$ ) – превосходство гибрида над средним, характерным для обоих родителей признаком.

Формула для определения гипотетического гетерозиса имеет следующий вид:

$$G_{гип} = F_1 - P_{cp} / P_{cp} \times 100\%$$

где  $F_1$  – изучаемый показатель у гибрида;  $P_{cp}$  – средний показатель между родительскими формами  $(P_1 + P_2) / 2$ .

### Результаты исследований

Для получения гетерозисных гибридов арбуза нами использована новая линия с мужской стерильностью – Л12. Эта линия обладает рецессивным сигнальным признаком – цельная листовая пластинка (ген  $l$ ) и мужской стерильностью (ген –  $ms$ ). Л12 имеет компактный куст, средней плетистости. Плоды средних размеров, светло-зеленые с темно-зелеными узкими полосами. Мякоть розовая, сочная. Содержание сухого вещества 10,0-11,2%, общего сахара 8,15-9,15%, витамин С – 7,45-10,76 мг%. Вегетационный период 65-68 суток.

По результатам проведенных исследований нами выявлено, что все гибриды, полученные с использованием Л12 по основным показателям лучше стандарта или, находятся на его уровне (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика гетерозисных гибридов арбуза столового по хозяйственно-полезным признакам, среднее 2020-2021 годы  
Table 2. Characteristics of heterotic hybrids of table watermelon according to economically useful traits, average 2020-2021

Название образца	Длина вегетационного периода, сут.	Содержание сухого вещества, %	Масса плода, кг		Урожайность, т/га	
			средняя	отклонение от стандарта	средняя	отклонение от стандарта
Бархан, st	74	10,5	6,5		18,2	
ЛКн	70	11,7	8,8	+2,3	21,3	+3,1
ЛМК	68	10,5	8,3	+1,8	21,5	+3,3
ЛПХ	68	10,6	7,7	+1,2	19,0	+0,8
ЛМр	68	12,4	10,5	+4,0	21,4	+3,2
ЛФт	71	12,2	9,0	+2,5	22,5	+4,3
ЛИр	70	11,1	6,5	0	19,5	+1,3
НСР <sub>05</sub>		0,45	0,9		1,3	

Таблица 3. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по средней массе плода  
Table 3. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids by average fruit weight

Комбинация скрещивания	Масса плода, кг			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F <sub>1</sub>	средняя по родителям, Р <sub>ср</sub>	у лучшего родителя, Р <sub>л</sub>			Гипотетический (Г <sub>гип</sub> )	Истинный (Г <sub>ист</sub> )
ЛКн	8,8	7,7	8,5	1,4	СД	14,3	3,5
ЛМк	8,3	7,7	8,5	1,4	СД	12,9	-2,4
ЛПХ	7,7	7,5	8,5	0,2	ПР	2,7	-9,4
ЛМр	10,5	8,0	8,5	5,0	СД	31,3	23,5
ЛФт	9,0	8,8	8,9	2,0	СД	2,3	1,1
ЛИр	6,5	8,0	8,5	-3,0	-СД	-18,8	-23,5

\*Значения Нр от -∞ до -1 – отрицательное сверхдоминирование признака (-СД), от -1 до -0,5 – отрицательное доминирование (-Д), от -0,5 до 0,5 – промежуточное наследование (ПР), от 0,5 до 1 – положительное доминирование (Д), от 1 до ∞ – положительное сверхдоминирование (СД), при Нр=±1 – полное доминирование лучшего (+) или худшего (-) проявления признака.

По длине вегетационного периода все изучаемые гибриды созревали раньше стандарта Бархан F<sub>1</sub> на 3-6 суток. По содержанию сухого растворимого вещества в соке плода значительно превысили стандарт гибриды ЛМр, ЛКн, ЛФт и ЛИр, превышение составило от 0,6 до 1,9%.

По показателю масса плода все изучаемые гетерозисные гибриды арбуза, кроме комбинации ЛИр, превысили стандарт на 1,2-4 кг.

Средняя урожайность за два года исследований у гетерозисных гибридов составила от 19,0 до 22,5 т/га. Самую высокую урожайность показали комбинации ЛФт – 22,5 т/га, ЛМк – 21,5 т/га, ЛМр – 21,4 т/га, ЛКн – 21,3 т/га (табл.2).

Важными показателями при селекции гибридов F<sub>1</sub> являются степень доминирования признаков и эффекты истинного (сравнение с лучшим из родителей) и гипотетического (сравнение со средним значением по родителям) гетерозиса основных хозяйственных признаков [13]. В своих исследованиях мы рассчитывали эти показатели по урожайности, средней массе плода и содержанию сухих растворимых веществ.

Анализируя данные таблицы 3, видим, что по принципу сверхдоминирования признак масса плода наследуется в

четырёх комбинациях скрещивания: ЛКн, ЛМк, ЛМр и ЛФт. В одной комбинации ЛПХ этот признак наследуется по принципу промежуточного доминирования. Отрицательным сверхдоминированием отличилась гибридная комбинация ЛИр.

Отрицательный гипотетический гетерозис по массе плода проявился у одной гибридной комбинации – ЛИр, он составил – 18,8%. У остальных гибридных комбинаций гипотетический гетерозис по массе плода был положительный и колебался от 2,7 до 31,3%. Высокая величина истинного гетерозиса отмечена у гибридной комбинации ЛМр – 23,5%. Отрицательным истинным гетерозисом характеризуются комбинации ЛИр, ЛПХ, ЛМк.

Содержание сухого растворимого вещества у гибридных комбинаций арбуза столового в основном наследуется промежуточно. Колебание степени доминирования этого признака в исследуемых комбинациях составляло от -1,8 до 4,0. По принципу сверхдоминирования этот показатель наследовался у трех комбинаций: ЛКн, ЛМр и ЛФт. Эти же комбинации обладали положительными эффектами как гипотетического, так и истинного гетерозиса (табл. 4).

Таблица 4. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по содержанию сухого вещества  
Table 4. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids in terms of dry matter content

Комбинация скрещивания	Содержание сухого вещества, %			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F <sub>1</sub>	средняя по родителям, Р <sub>ср</sub>	у лучшего родителя, Р <sub>л</sub>			Гипотетический (Г <sub>гип</sub> )	Истинный (Г <sub>ист</sub> )
ЛКн	11,7	10,9	11,1	4,0	СД	9,2	9,0
ЛМк	10,5	11,6	12,5	-1,8	-СД	-8,6	-1,6
ЛПХ	10,6	11,3	11,9	-1,2	-СД	-6,2	-8,4
ЛМр	12,4	11,1	11,6	2,6	СД	9,0	8,6
ЛФт	12,2	11,3	11,8	2,6	СД	7,9	3,4
ЛИр	11,1	11,8	12,9	-0,6	-Д	-8,5	-7,8

Таблица 5. Степень доминирования и гетерозисный эффект гибридов арбуза столового по урожайности  
Table 5. Degree of dominance and heterosis effect of table watermelon hybrids in terms of yield

Комбинация скрещивания	Масса плода, кг			Степень доминирования, Нр*		Гетерозис, %	
	у гибридов F <sub>1</sub>	средняя по родителям, Р <sub>ср</sub>	у лучшего родителя, Р <sub>л</sub>			Гипотетический (Г <sub>гип</sub> )	Истинный (Г <sub>ист</sub> )
ЛКн	21,3	19,2	19,9	3,0	СД	5,2	5,0
ЛМк	21,5	18,9	19,1	13,0	СД	5,3	5,2
ЛПХ	19,0	18,4	18,6	3,0	СД	5,4	5,4
ЛМр	21,4	19,3	19,9	3,5	СД	5,2	5,0
ЛФт	22,5	20,1	21,6	1,6	СД	4,9	4,2
ЛИр	19,5	17,8	18,6	2,1	СД	5,6	5,4

Проявление признака урожайности в изучаемых гибридных комбинациях происходит по принципу сверхдоминирования. Степень доминирования по этому признаку колеблется от 1,6 до 13,0 (табл. 5).

Все изучаемые комбинации скрещивания обладают положительными величинами истинного и гипотетического гетерозиса по урожайности. Превышение гибридов по урожайности над лучшим родителем (истинный гетерозис) составило от 4,2 до 5,4%.

### Выводы

В результате проведенных исследований выделены новые комбинации скрещивания для получения гетерозисных гибридов

арбуза столового с использованием новой линии Л12.

По принципу сверхдоминирования из всех изученных признаков у всех комбинаций скрещивания наследуется урожайность, что подтверждает уже известные данные о гетерозисном эффекте по урожайности у арбуза столового. Выделены три комбинации скрещивания у которых признаки масса плода и содержание сухого вещества наследуются по принципу сверхдоминирования: ЛКн, ЛМр и ЛФт. Эти же комбинации обладают высоким гетерозисным эффектом по всем изучаемым признакам.

Таким образом, в результате проведенной работы выявлена целесообразность использования данных комбинаций скрещивания для получения гетерозисных гибридов арбуза.

### 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](mailto:elena-varivoda@mail.ru)  
**Геннадий Владимирович Варивода** – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3261-4408>  
**Ольга Геннадьевна Вербитская** – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5029-675X>

### 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](mailto:elena-varivoda@mail.ru)  
**Gennady V. Varivoda** – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3261-4408>  
**Olga G. Verbitskaya** – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5029-675X>

### Литература

- Хотылева Л.В., Кильчевский А.В., Шаптуренко М.Н. Теоретические аспекты гетерозиса. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;(4):482–492.
- James G. Coors, Shivaji Pandey Exploitation of Heterosis: Uniformity and Stability. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. 1999. P.319-333.
- Солдатенко А.В., Пышная О.Н. Роль селекции овощных культур и современных исследований в продовольственной стабильности. *Овощи России*. 2018;(5):5-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
- Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Russian Journal of Genetics: Applied Research volume*. 2017;(7):428–439. <https://doi.org/10.1134/S2079059717040049>
- Zhang Y., Cheng Z., Ma J., Xian F., Zhang X. Characteristics of a novel male-female sterile watermelon (*Citrullus lanatus*) mutant. *Scientia Horticulturae*. 2012;(140):107-114. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.020>
- Электронный ресурс: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Итоговый-реестр-2021.pdf>
- Tiago Lima do Nascimento, Flávio de França Souza, Rita de Cássia Souza Dias, Edson Ferreira da Silva Caracterização agrônômica e heterose em genótipos de melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2018;48(2):170-177
- Шапошников Д.С., Байбакова Н.Г., Белов С.И. Особенности проявления гибридного эффекта при семеноводстве гибридов F<sub>1</sub> арбуза. *Таврический вестник аграрной науки*. 2016;(4):54-62.
- Байбакова Н.Г., Масленникова Е.С., Варивода О.П. Этапы получения гетерозисных гибридов F<sub>1</sub> арбуза. *Овощи России*. 2018;(3):67-72 <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-67-72>
- Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух. Засухи в СССР. Их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. 1958. С.5-30.
- Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956;(9):463-493.
- Омаров Д.С. К методике учёта и оценки гетерозиса у растений. *Сельскохозяйственная биология*. 1975. С.123–127.
- Мокрянская Т.И., Гороховский В.Ф. Характер проявления гетерозиса – надежный индикатор высокой специфической комбинационной способности у огурца пчелоопыляемого типа. *Овощи России*. 2021;(3):76-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>

### References

- Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;(4):482–492.
- James G. Coors, Shivaji Pandey Exploitation of Heterosis: Uniformity and Stability. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. 1999. P.319-333.
- Soldatenko A.V., Pishnaya O.N. The role of vegetable breeding and modern researches in food stability. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):5-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-5-8>
- Khotyleva L.V., Kilchevsky A.V., Shapturenko M.N. Theoretical aspects of heterosis. *Russian Journal of Genetics: Applied Research volume*. 2017;(7):428–439. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S2079059717040049>
- Zhang Y., Cheng Z., Ma J., Xian F., Zhang X. Characteristics of a novel male-female sterile watermelon (*Citrullus lanatus*) mutant. *Scientia Horticulturae*. 2012;(140):107-114. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.020>
- Electronic resource: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Final-registry-2021.pdf>
- Tiago Lima do Nascimento, Flávio de França Souza, Rita de Cássia Souza Dias, Edson Ferreira da Silva Caracterização agrônômica e heterose em genótipos de melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2018;48(2):170-177.
- Shaposhnikov D.S., Baibakova N.G., Belov S.I. Peculiarities of manifestation of the hybrid effect in the seed production of watermelon F<sub>1</sub> hybrids. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2016;(4):54-62. (In Russ.)
- Baibakova N.G., Maslennikova E.S., Varivoda O.P. The steps of obtaining heterotic F<sub>1</sub> hybrids of watermelon. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):67-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-67-72>
- Selyaninov G.T. Origin and dynamics of droughts. Droughts in the USSR. Their origin, frequency and impact on the yield. 1958. P.5-30. (In Russ.)
- Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956;(9):463-493.
- Omarov D.S. To the method of accounting and assessing heterosis in plants. *Agricultural biology*. 1975. P.123–127. (In Russ.)
- Mokryanskaya T.I., Gorokhovskiy V.F. The nature of the manifestation of heterosis is a reliable indicator of a high specific combination ability in a cucumber of the bee-pollinated type. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):76-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-76-83>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-28-32>  
УДК 635.611:631.524.86(575.1)

Р.А. Хакимов\*, М.У. Халимова

Научно-исследовательский институт  
овощебахчевых культур и картофеля  
111106, Республика Узбекистан,  
Ташкентская область, Ташкентский район,  
п/о Кок сарай, ул. Келес

\*Адрес для переписки: uzrimcp@mail.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:** Хакимов Р.А.,  
Халимова М.У. Селекция дыни на устойчи-  
вость к болезням в Республике Узбекистан.  
*Овощи России.* 2022;(4):28-32.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-28-32>

**Поступила в редакцию:** 30.04.2022

**Принята к печати:** 29.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Rafikjon A. Khakimov\*, Mastura U. Khalimova

Research Institute of Vegetable,  
Melon Crops and Potato  
Keles str., Kok saray, Tashkent district,  
Tashkent region, 111106, Uzbekistan

\*Corresponding author: uzrimcp@mail.ru

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

**Author contributions:** 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:** Khakimov R.A., Khalimova M.U.  
Melon breeding for disease resistance in the  
Republic of Uzbekistan. *Vegetable crops of  
Russia.* 2022;(4):28-32. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-28-32>

**Received:** 30.04.2022

**Accepted for publication:** 29.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Селекция дыни на устойчивость к болезням в Республике Узбекистан



## Резюме

Дыня является наиболее распространенной бахчевой культурой в Узбекистане. В различных областях республики распространено более 130 сортов местных сортов дыни. Ежегодно бахчевые культуры возделываются на площади 150 тыс. га. Наиболее вредоносными болезнями культуры дыни являются мучнистая роса и фузариозное увядание. Все местные сорта дыни восприимчивы к этим болезням. Ежегодно от этих болезней урожайность дыни снижается на 20-25%. Самым эффективным способом борьбы против этих болезней является создание устойчивых сортов. В НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля проведена многолетняя селекционная работа по созданию сортов дыни, устойчивых к мучнистой росе и фузариозному увяданию. Созданы и включены в Государственный реестр селекционные местные сорта, дыни с хозяйственно ценными признаками и высокими вкусовыми качествами с генами устойчивости к этим болезням.

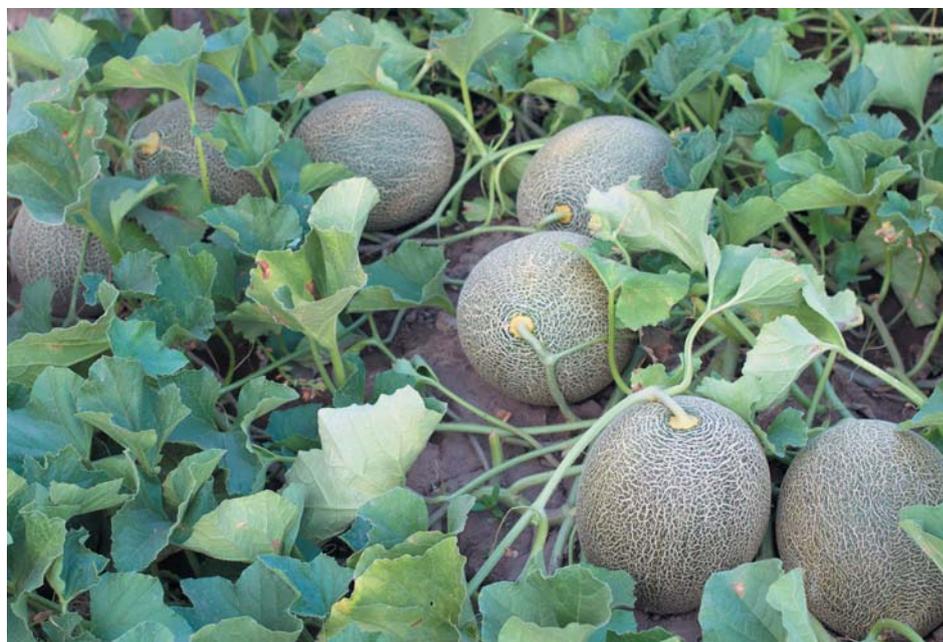
**Ключевые слова:** дыня, сорта, устойчивость, фузариозное увядание, мучнистая роса

## Melon breeding for disease resistance in the Republic of Uzbekistan

### Abstract

Melon (*Cucumis melo* L.) is the most spread melon crop in Uzbekistan. More than 130 local varieties of melon are cultivated in various regions of the republic. Every year melons and gourds are cultivated on the area of 150 thousand hectares. The most harmful diseases of the melon are powdery mildew and *Fusarium* wilt. All local varieties of melon are susceptible to these diseases. Annually from these diseases, the yield of melon is reduced by 20-25%. The most effective way to combat these diseases is to develop resistant varieties. The Research Institute of Vegetable, Melon Crops and Potato has carried out long-term selection work to create melon varieties resistant to powdery mildew and *Fusarium* wilt. Breeding local varieties of melon with economically valuable traits and high test quality with genes for resistance to these diseases have been created and included in the State Register of Uzbekistan.

**Keywords:** melon, varieties, resistance, *Fusarium* wilt, powdery mildew



### Введение

Культура дыни в Узбекистане уходит в глубокое прошлое. Узбекские дыни, как деликатес, вывозили в Китай, а в IX-X веках – в Ирак. В медицинском сочинении Скара-Азьяма, написанном фарси и относящемся к IV веку до нашей эры, указываются целебные свойства дынь, приводятся рецепты для применения ее против различных болезней.

Целебные свойства дыни применяли в народной медицине при лечении бронхита, ревматизма и болезней печени, почек. Лечебное значение бахчевых подтверждается и медицинской наукой. Потребление бахчевых способствует регулированию многих физиологических процессов в организме человека и поэтому рекомендуется при лечении диабета, болезней печени. Содержащая в дынях фолиевая кислота оказывает антисклеротическое действие и играет важную роль в кровообразовании.

Дыня имеет диетическое значение. В плодах содержатся также необходимые для организма вещества, как противцинготный витамин С, провитамин А (каротин) и пектины. В семенах дыни содержится 23-35% жира, полученное из них масло конкурирует с прованским. Пищевой значимости их определяется высоким содержанием различных сахаров. По научным данным, сахаристость плодов лучших сортов дыни может достигать 20%.

Среди узбекских дынь есть ультраранние – мелкоплодные (300-600 г), сорта среднеспелые и поздние – со средними, крупными и очень крупными плодами (до 10 кг и выше). Мякоть у отдельных сортов нежная, тающая или сочная, хрустящая, очень сладкая с приятным специфическим дынным ароматом. Форма плода – круглая, округлая, овальная, эллипсоидная, удлинённая; окраска плода – темно-зеленая, светло-зеленая, бежевая, желтая, бурая, светло-коричневая, поверхность – гладкая, ровная, ребристая, сетчатая. Таким большим разнообразием отличаются дыни Узбекистана.

Урожай от ультраранних сортов типа хандаляк поступает, в первую очередь, из-под временных пленочных укрытий, затем идут среднеспелые сорта – с июля и поздние сорта – с сентября по октябрь. Зимние поздние дыни опытные дехкане народным методом хранят до апреля.

Однако в последние годы с ухудшением экологических условий во всем мире, в том числе и в Узбекистане, дыни стали значительно поражаться болезнями. Наиболее вредоносные виды заболеваний: фузариозное увядание растений и мучнистая роса.

Селекционная работа на устойчивость ценных местных сортов к грибным болезням (мучнистой росе и фузариозу) проводится в НИИ овоще-бахчевых культур.

Цель – придать сортам свойство устойчивости к болезням, сохранив при этом высокие вкусовые качества и внешнюю форму плода местных дынь. Известно, что наиболее действенный и экологически безопасный метод борьбы с грибковыми и другими болезнями – создание устойчивых сортов.

### Материалы и методы

Для получения сортов-аналогов местных сортов, устойчивых к болезням, в селекционной работе были использованы полукультурные формы, устойчивые к мучнистой росе и фузариозу – Куруме и Кутана, а также неустойчивые к болезням местные сорта Ак урук 1137, Ичкызил крупноплодная, Шакарпалак 557, Шакарпалак 2580, Кокча 588,

Куй баш 476, Умирваки 3748. При гибридизации в качестве материнской формы использовали местные сорта, а в качестве отцовской формы – сорта Куруме и Кутана.

В F<sub>2</sub> методом индивидуального отбора выделяли устойчивые растения, с ними многократно в течение 2-3-х поколений проводили беккроссы с исходной материнской формой – местным сортом дыни. В каждом поколении индивидуально выделяли селекционные линии, устойчивые к мучнистой росе и фузариозу, с признаками исходной формы по вкусовым качествам и внешнему виду плодов. Беккроссы и индивидуальные отборы продолжали до получения полного аналога исходного сорта, но с геном устойчивости.

На втором этапе селекции в качестве генетического источника устойчивости использовали новые сорта дыни, устойчивые к мучнистой росе: Туёна, Олтин тепа, Олтинводий, и местные сорта: Кок тинны 1087, Оби нават, Кизил гуляби, Олмурты гуляби. При гибридизации в качестве материнской формы использовали устойчивые к мучнистой росе сорта Туёна, Олтин тепа, Олтинводий, а в качестве отцовской формы – сорта Кок тинны 1087, Оби нават, Кизил гуляби, Олмурты гуляби.

В F<sub>2</sub> методом индивидуального отбора выделяли устойчивые растения. В каждом поколении индивидуально выделяли селекционные линии, урожайные, с высокими вкусовыми качествами, устойчивые к мучнистой росе и фузариозу.

### Место проведения исследований

Научные исследования проведены в Научно-исследовательском институте овощебахчевых культур и картофеля, расположенном в Ташкентском районе Ташкентской области. Его координаты – 41°21' северной широты и 69°19' восточной долготы, высота над уровнем моря – 478 м. Источником водоснабжения орошаемых участков является канал Захарик.

### Климатические условия

Ташкентская область, где проведены полевые эксперименты, отличается обилием тепла и света. Климат континентального типа, которому свойственны большие амплитуды в суточном и в годовом ходе температур воздуха при резко выраженной периодичности выпадения атмосферных осадков с приуроченностью их к зимне-весеннему периоду. Неравномерность увлажнения в течение года и быстрое нарастание температур при переходе от весны к лету определяют водно-тепловой режим сезона вегетации, влажной и теплой весны и жаркого сухого лета.

Суточная амплитуда колебания температуры обычно составляет зимой 5...10°C и летом 14...16°C. Амплитуда колебаний среднесуточных температур января и июля достигает 22-28°C.

Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем 2692-2889 часов в год. В летнее время количество часов солнечного сияния достигает 361-395 часов в месяц, зимой это число опускается до 104-125 часов.

Среднегодовая температура воздуха составляет +13,0...14,0°C; температура воздуха: минимальная -3,5...-5,5; максимальная – +36,5°C; абсолютно максимальная – +43...47°C.

Относительная влажность воздуха в течение года колеблется в пределах 40-84%, снижаясь в летние месяцы до 37%, а в жаркие дневные часы – понижаясь до 23%.

Среднегодовое количество осадков – 498 мм. Большая часть их выпадает в зимне-весенний период – 388 мм, меньшая 110 мм – в летнее-осеннее время года.

## Результаты исследований

Селекционную работу дыни на устойчивость к болезням проводили в 2-х направлениях:

- создание аналогов сортов дыни, наиболее распространенных в Узбекистане, по вкусовым качествам и внешнему виду плодов, но более устойчивых к мучнистой росе и фузариозу;

- создание новых сортов дыни, устойчивых к мучнистой росе и фузариозу, с высокой урожайностью и вкусовыми качествами, пригодных для местного потребления и на экспорт.

В результате селекционной работы были созданы и включены в Государственный реестр сельскохозяйственных культур Узбекистана 6 сортов аналогов местных сортов дыни с признаками исходной формы по вкусовым качествам и внешнему виду плодов, однако устойчивых к мучнистой росе (табл. 1).

**Лаззатли** – аналог сорта Ак урук 1037. Сорт среднеспелый, вегетационный период 80-87 дней. Растение среднеплетистое, лист почковидной формы. Плод цилиндрической формы, масса плода – 4,0-5,0 кг, поверхность плода гладкая, твердость коры средняя. Мякоть белая, нежная, плотная, ароматная. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 25-30 т/га. Транспортабельность плодов средняя.

**Олтин тепа** – аналог сорта Ичкызил крупноплодная. Сорт среднеспелый, вегетационный период 85-90 дней. Плод крупный, масса плода – 3,4-4,0 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона серо-зеленая, твердость коры средняя. Мякоть красная, сочная, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-16%. Урожайность – 25-30 т/га. Транспортабельность плодов хорошая.

**Суюнчи-2** – аналог сорта Шакарпалак 2580. Сорт сред-

неспелый, вегетационный период 83-87 дней. Растение плетистое, лист почковидной формы. Плод удлинено-яйцевидной формы, масса плода – 2,5-3 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона светло-лимонная, сетка мелкая, твердость коры средняя. Мякоть красная, плотная, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 20-22 т/га. Транспортабельность плодов хорошая.

**Дилхуш** – аналог сорта Кокча 588. Сорт среднеспелый, вегетационный период 85-90 дней. Растение плетистое, лист почковидной формы. Плод яйцевидной формы, масса плода – 3,0-4,0 кг, поверхность плода слегка ребристая, окраска фона зеленая, сетка полная, твердость коры средняя. Мякоть белая, нежная, плотная, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 30-32 т/га. Транспортабельность плодов средняя.

**Олтинводий** – аналог сорта Шакарпалак 554. Сорт среднеспелый, вегетационный период 85-90 дней. Плод удлиненно-яйцевидной формы, масса плода – 2,0-4,0 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона светло-зеленая, кора твердая. Мякоть белая, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 22-25 т/га. Транспортабельность плодов средняя.

**Туёна** – аналог сорта Кой баш 476. Сорт позднеспелый, вегетационный период 105-115 дней. Плод яйцевидной формы, масса плода – 4-6 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона серо-коричневая. Мякоть белая, при уборке плотная, после лежки мягкая, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 12-13%. Урожайность – 35-40 т/га. Транспортабельность и лежкость плодов хорошая.

На основе созданных новых, устойчивых к мучнистой росе сортов дыни, проведена селекционная работа и были созданы и включены в Государственный реестр сельскохозяйственных культур Узбекистана еще 7 сортов дыни с комплексом хозяйственно полезных признаков, устойчивые к мучнистой росе (табл. 2).

Таблица 1. Результаты селекции по созданию сортов аналогов дыни, устойчивых к мучнистой росе  
Table 1. Results of breeding for the creation of varieties of melon analogues resistant to powdery mildew

Сорта	Вегетационный период, дни	Урожайность, т/га	Средняя масса плода, кг	Содержание растворимого сухого вещества, %	Устойчивость к мучнистой росе, %	Транспортабельность
Ак урук 1037	88-92	25-28	5-6	12-14	0	средняя
Лаззатли	80-87	25-30	4-5	14-15	100	средняя
Ичкызил крупноплодная	85-90	22-25	3-3,5	12-13	0	средняя
Олтин тепа	85-90	25-30	3,4-4	14-16	100	хорошая
Шакарпалак 2580	85-90	20-22	2,5-3	12-13	0	средняя
Суюнчи 2	83-87	20-22	2,5-3	14-15	100	хорошая
Шакарпалак 554	85-90	22-25	2,5-4	13-14	0	средняя
Олтинводий	85-90	22-25	2,5-4	14-15	100	средняя
Кокча 588	90-95	25-30	3-4	12-13	0	средняя
Дилхуш	85-90	30-32	3-4	14-15	100	средняя
Кой баш 476	105-115	30-35	4-5	11-12	0	хорошая
Туёна	105-115	35-40	5-6	12-13	100	хорошая

Таблица 2. Результаты селекции по созданию сортов дыни на основе местных устойчивых к мучнистой росе генетических источников  
 Table 2. Results of breeding for the development of melon varieties based on local powdery mildew-resistant genetic sources

Сорта	Вегетационный период, дни	Урожайность, т/га	Средняя масса плода, кг	Содержание растворимого сухого вещества, %	Устойчивость к мучнистой росе, %	Транспортабельность
Кичкинтай	75-80	20-22	0,8-1,2	12-13	100	хорошая
Кук магиз	80-85	20-26	2-2,5	14-15	100	хорошая
ЗарГулоби	100-105	28-32	4-5	15-16	100	хорошая
Гурлан	115-120	40- 45	4-5	12-13	100	хорошая
Амударё	125-130	45- 50	4-6	14-15	100	хорошая
Гуляби Хоразмий	125-130	50-55	5-10	14-15	100	хорошая
Саховат	120-125	35-40	4-5	15-16	100	хорошая



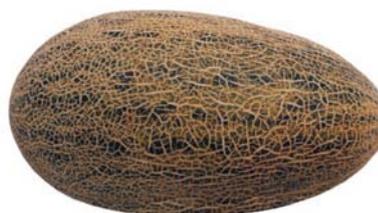
Сорт дыни Кичкинтай



Сорт дыни Суюнчи 2



Сорт дыни Олтин водий



Сорт дыни Олтин тепа



Сорт дыни Саховат



Сорт дыни Амударё



Сорт дыни Гурлан



Сорт дыни Туёна

**Кичкинтай** – сорт средне-раннеспелый, вегетационный период 75-80 дней. Растение мощное, ветвистое. Лист плотный, темно-зеленого цвета, рассеченный. Плод шаровидной формы, масса плода – 0,8-1,2 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона желтая, сетка частичная, крупноячеистая, твердость коры средняя. Мякоть белая, нежная, плотная, ароматная, имеет вкус меда.

Содержание растворимого сухого вещества – 12-13%. Урожайность – 20-22 т/га. Транспортабельность плодов хорошая.

**Кук магиз** – сорт среднеспелый, вегетационный период 80-85 дней. Растение мощное, ветвистое, лист плотный, темно-зеленого цвета, рассеченный. Плод удлиненно-овальной формы, масса плода – 2-2,5 кг, поверхность плода

гладкая, окраска фона зеленая, сетка полная, крупноячеистая, твердость коры средняя. Мякоть белая, нежная, сочная, сладкая, хрустящая, содержание растворимого сухого вещества – 14-15%, урожайность – 20-22 т/га.

**Гурлан** – сорт позднеспелый, вегетационный период 115-120 дней. Плод яйцевидной формы, масса плода – 4-5 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона желтая. Мякоть белая, нежная, сочная, сладкая, хрустящая, содержание растворимого сухого вещества – 12-13%. Урожайность – 45-50 т/га. Транспортабельность и лежкость плодов хорошая.

**Амударё** – сорт позднеспелый, вегетационный период 125-130 дней. Растение плетистое. Плод цилиндрической формы, масса плода – 4-6 кг, поверхность бугристая, окраска фона коричневая. Мякоть белая, плотная, сладкая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 45-50 т/га. Транспортабельность и лежкость плодов хорошая.

**Гуляби Хоразмий** – сорт позднеспелый, вегетационный период 125-130 дней. Растение плетистое. Плод удлиненно-цилиндрической формы, масса плода – 5-10 кг, поверхность бугристая, окраска фона темно-зеленая. Содержание растворимого сухого вещества – 14-15%. Урожайность – 50-55 т/га. Транспортабельность и лежкость плодов хорошая.

**Зар Гуляби** – сорт средне-позднеспелый, вегетационный период 100-105 дней. Растение плетистое, листья почковидные. Плод яйцевидной формы, масса плода – 4-5 кг, поверхность плода гладкая, окраска фона ярко желтая, твердость коры плотная. Мякоть белая, сочная, сладкая,

содержание растворимого сухого вещества – 15-16%. Урожайность – 28-32 т/га.

**Саховат** – сорт позднеспелый, вегетационный период 120-125 дней. Растение плетистое. Плод яйцевидной формы, масса плода 4-5кг, поверхность гладкая, окраска фона темно-коричневая. Мякоть зелено-белая, сочная, сладкая, содержание растворимого сухого вещества – 15-16%. Урожайность – 35-40 т/га. Транспортабельность и лежкость плодов хорошая.

## Закключение

В Узбекистане селекционная работа по созданию сортов дыни, устойчивых к мучнистой росе, успешно ведется по двум направлениям:

- создание аналогов местных сортов дыни по вкусовым качествам и внешнему виду плодов, но с устойчивостью к мучнистой росе и фузариозу;

- создание новых сортов дыни, устойчивых к мучнистой росе и фузариозу, с высокой урожайностью и вкусовыми качествами плодов, пригодных для местного потребления и на экспорт.

В результате созданы и включены в Государственный реестр сельскохозяйственных культур Узбекистана 6 сортов-аналогов дыни, устойчивых к мучнистой росе, с признаками исходной формы по вкусовым качествам и внешнему виду плодов. С участием этих сортов-аналогов выведены 7 оригинальных сортов дыни, сочетающих устойчивость к мучнистой росе с другими хозяйственно полезными признаками, такими как раннеспелость и мелкоплодность, высокая урожайность и хорошая транспортабельность плодов и др.

## Об авторах:

**Рафикжон Абдунабиевич Хакимов** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник

**Мастура Уринбаевна Халимова** – кандидат с.-х. наук

## About the authors:

**Rafikjon A. Khakimov** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher

**Mastura U. Khalimova** – Cand. Sci. (Agriculture)

## • Литература

1. Аутко А.А. В мире экологизированного и органического овощеводства. Гродно, 2018.
2. Вейсел Арас, Бўриев Х.Ч., Мавлянова Р.Ф. Создание гибридов овощных культур и их семеноводство. Ташкент, 2020.
3. Государственный реестр сельскохозяйственных культур рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан. Ташкент, 2022.
4. Мавлонова Н.У., Рузикулов А.Д., Арипова Ш.Р. Изучения признаков арбуза. /Сборник научно-практической конференции, Ташкент, 2021.
5. Тайшибаева Э.У., Мамырбеков Ж.Ж., Жумабек Х. Результаты экологического сортоиспытания сортов и гибридов дыни и арбуза зарубежной селекции. Сборник научных трудов ТОО"Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства", Алматы, 2015.
6. Тайшибаева Э.У., Мамырбеков Ж.Ж., Жумабек Х., Карипов М.М. Итоги селекционных исследований по бахчевым культурам. Сборник научных трудов ТОО"Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства", Алматы, 2015.
7. Тянь В.С., Бугенбаева К.Е. Селекция дыни на устойчивость к экстремальным агроэкологическим условиям казахстанского Приаралья. Сборник научных трудов ТОО"Казахского НИИ картофелеводства и овощеводства", Алматы, 2015.
8. Хакимов Р.А., Халимова М.У., Расулов Ф.Ф. Создание высокоурожайных сортов бахчевых культур, устойчивых к мучнистой росе. Сборник научно-практической конференции, Ташкент, 2021.
9. Хакимов Р.А. Методика выведения устойчивых к мучнистой росе сортов дыни. /Овощеводство: состояние, проблемы, перспективы. ВНИИО, М., 2003. Т.2. С.298-299.
10. Хакимов Р.А., Халимова М.У. Биологические и хозяйственные особенности узбекских дынь. Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству. М., 2011.
11. Мавлянова Р.Ф. и др. Дыни Узбекистана. Рим. IPGRI, 2005.

## • References

1. Autko A.A. In the world of eco-friendly and organic vegetable growing. Grodno, 2018.
2. Veysel Aras, Buriev Kh.Ch., Mavlyanova R.F. Creation of hybrids of vegetable crops and their seed production. Tashkent, 2020.
3. State register of agricultural crops recommended for sowing on the territory of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, 2022.
4. Mavlonova N.U., Ruzikulov A.D., Aripova Sh.R. Studying the signs of watermelon. / Collection of scientific and practical conference, Tashkent, 2021.
5. Taishibaeva E.U., Mamyrbekov Zh.Zh., Zhumabek H. Results of ecological variety testing of varieties and hybrids of melon and watermelon of foreign selection. Collection of scientific papers of LLP "Kazakh Research Institute of Potato and Vegetable Growing", Almaty, 2015.
6. Taishibaeva E.U., Mamyrbekov Zh.Zh., Zhumabek Kh., Karipov M.M. Results of breeding research on melons and gourds. Collection of scientific papers of LLP "Kazakh Research Institute of Potato and Vegetable Growing", Almaty, 2015.
7. Tian V.S., Bugenbaeva K.E. Selection of melon for resistance to extreme agroecological conditions of the Kazakhstan Aral Sea. Collection of scientific papers of LLP "Kazakh Research Institute of Potato and Vegetable Growing", Almaty, 2015.
8. Khakimov R.A., Khalimova M.U., Rasulov F.F. Creation of high-yielding gourd varieties resistant to powdery mildew. Collection of scientific and practical conference, Tashkent, 2021.
9. Khakimov R.A. Technique for breeding powdery mildew-resistant melon varieties. /Vegetable growing: state, problems, prospects. VNIIO, M., 2003. V.2. pp.298-299.
10. Khakimov R.A., Khalimova M.U. Biological and economic features of Uzbek melons. Collection of scientific papers on vegetable growing and melon growing. M., 2011.
11. Mavlyanova R.F. et al. Melons of Uzbekistan. Rome. IPGRI, 2005.

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-33-39>  
УДК 635.21:631.526.32:576.35

Д.И. Волков, О.А. Собко,  
П.В. Фисенко, Н.В. Мацшина,  
А.А. Гисюк, И.В. Ким, М.В. Ермак

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

\*Автор для переписки: volkov\_dima@inbox.ru

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности:** получены результаты при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования в рамках проекта «Реализация направлений, соответствующих программам создания и развития картофелеводства и семеноводства» Центра при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки».

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

**Для цитирования:** Волков Д.И., Собко О.А., Фисенко П.В., Мацшина Н.В., Гисюк А.А., Ким И.В., Ермак М.В. Использование клеточного счетчика для анализа морфологических характеристик и количественной оценки крахмальных гранул различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.). *Овощи России*. 2022;(4):33-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-33-39>

**Поступила в редакцию:** 30.04.2022

**Принята к печати:** 29.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Dmitriy I. Volkov, Olga A. Sobko,  
Petr V. Fisenko, Nathalia V. Matsishina,  
Aleksandr A. Gisyuk, Irina V. Kim,  
Marina V. Ermak

Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki"  
30 B, Volozhenina str., Timiryazevsky stl.,  
Ussuriysk, Primorsky kraj, 692539, Russia

\*Corresponding author: volkov\_dima@inbox.ru

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

**Authors' Contributions:** all authors participated in the planning and setting of the experiment, as well as in the analysis of experimental data and the writing of the article.

**Acknowledgements:** The results were obtained with the financial support of the Russian Federation represented by the Ministry of Science and Higher Education within the project "Implementation of directions corresponding to the program of establishment and development of the Potato Breeding and Seed Production varieties at the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki".

**For citations:** Volkov D.I., Sobko O.A., Fisenko P.V., Matsishina N.V., Gisyuk A.A., Kim I.V., Ermak M.V. The automated cell counter for the analysis of morphological characteristics and the quantitative estimation of starch granules in different potato varieties. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):33-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-33-39>

**Received:** 15.06.2022

**Accepted for publication:** 30.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Использование клеточного счетчика для анализа морфологических характеристик и количественной оценки крахмальных гранул различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.)



## Резюме

**Актуальность.** Картофельный крахмал широко используют в пищевой и текстильной промышленности, парфюмерии, фармацевтике. Содержание крахмала и величина крахмальных гранул в картофеле (*Solanum tuberosum* L.) является сортовым признаком. Изучение морфологических свойств крахмала важно как для селекции новых сортов технического назначения, так и для перерабатывающей промышленности. Основной целью данной работы – дать сравнительную характеристику морфологической структуры нативного картофельного крахмала методом клеточного счетчика Countess II FL automated cellcounter.

**Материалы и методы.** Исследования выполнены в 2020-2021 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Приморский край). Объектом исследований являлись 11 сортообразцов различного срока созревания. Морфологическую структуру крахмальных гранул оценивали методом анализа изображений на клеточном счетчике Countess II FL automated cell counter.

**Результаты.** Изученные сорта, независимо от срока созревания и генетического происхождения, имели преимущественно гранулы округлой и овальной формы. Были отмечены различия в размере крахмальных гранул в зависимости от величины клубня и группы спелости. Сорта раннего срока созревания имели преимущественно размер гранул менее 20 мкм независимо от фракции клубней, исключение составляет сорт Queen Anne, в мелких клубнях данного сорта гранулы крахмала размером более 20 мкм составляет 67,86%. Было отмечено, что доля средних и крупных зерен возрастала в сортах с более продолжительным периодом вегетации, так сорт Августин среднеспелого срока созревания имел долю средних и крупных зерен в крупном и мелком клубне 47,72 и 41,48% соответственно. Максимальное количество гранул размером более 20 мкм отмечено у среднепоздних сортов Казачок (63,77%) и Смак (92,22%).

**Заключение.** Метод с использованием клеточного счетчика и последующей обработкой микрофотографий гранул крахмала представляет собой доступный, экономичный, простой и эффективный подход к фенотипированию сортов и гибридов картофеля *Solanum tuberosum* L. по физико-химическим параметрам крахмала. Данный метод может применяться для ускоренного анализа большого числа образцов на ограниченном количестве природного материала, в том числе в полевых и хозяйственных лабораториях.

**Ключевые слова:** *Solanum tuberosum* L., картофель, сорт, крахмал, морфология, гранула, клеточный счетчик

## The automated cell counter for the analysis of morphological characteristics and the quantitative estimation of starch granules in different potato varieties

### Abstract

**Relevance.** Potato starch is widely used in the food, textile, perfume and pharmaceutical industries. The starch content and the size of starch granules in potato tubers are varietal characteristics (*Solanum tuberosum* L.). The knowledge of morphological properties of starch plays a key role in the technologies for the production of consumer and industrial goods.

**Materials and methods.** The studies were carried out in 2020-2021 at the experimental base of Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agricultural Bio-technology of the Far East named after A.K. Chaiki" (Primorsky Krai). The object of the research were 11 varieties of different maturity dates. Morphological structure of starch granules was evaluated by image analysis on Countess II FL automated cell counter.

**Results.** The varieties studied had predominantly rounded and oval pellets regardless of maturity and genetic origin. Differences in starch granule size depending on tuber size and ripeness group were noted. Early maturing varieties had granule size less than 20 microns regardless of tuber fraction. The exception is the variety Queen Anne, in small tubers of this variety starch granules larger than 20 microns is 67.86%. It was noted that the proportion of medium and large grains increased in varieties with a longer growing season. For example, the variety Augustin medium-ripening had a proportion of medium and large grains in the large and small tuber of 47.72 and 41.48%, respectively. The maximum number of grains larger than 20 microns was observed in the mid-late varieties Kazachok (63.77%) and Smak (92.22%).

**Conclusion.** The method using a cell counter and subsequent processing of microphotographs of starch granules is an accessible, economical, simple and effective approach to phenotyping potato varieties and hybrids of *Solanum tuberosum* L. by physical and chemical parameters of starch. This method can be used for accelerated analysis of a large number of samples on a limited amount of natural material, including in field and farm laboratories.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., potato, variety, starch, morphology, granule, cell counter

**Введение**

**К**рахмал – биологически важный полимер глюкозы, который синтезируется фотосинтезирующими организмами [1-3]. Крахмал содержит амилозу и амилопектин. Амилопектин является основным компонентом крахмала, составляя 65-85% от общей массы, это большие молекулы, содержащие густо разветвленные цепи глюкозы. Молекулы амилозы небольшие по размеру и представляют собой линейные цепи глюкозы. Крахмал нерастворим в воде и осмотически неактивен, что делает его подходящей формой углеводов для длительного хранения у семян и клубней многих видов растений. Полисахарид образуется в мембраносвязанных аминопластах, которые называются крахмальными гранулами или крахмальными зернами. Каждый аминопласт обычно образует одну крахмальную гранулу, состоящую из концентрических, кристаллических и аморфных слоев [4-7]. Хотя крахмал имеет простой полимерный состав глюкозы, крахмальные зерна демонстрируют различную морфологию в зависимости от вида [7-13]. Их классифицируют как сложные и простые [14, 15]. Разница заключается в том, что сложные гранулы собираются из нескольких десятков маленьких гранул крахмала, в то время как простые зёрна представляют собой одиночную частицу из одной гранулы крахмала. Так, например, в эндосперме риса (*Oryza sativa*) развиваются сложные крахмальные зёрна, диаметр которых обычно составляет 10-20 м. Каждая крахмальная гранула, входящая в состав сложного зерна, представляет собой остроугольный многогранник с типичным диаметром 3-8 м. Крахмальные гранулы собраны в виде сложного зерна, но они не сливаются и легко разделяются с помощью обычных процедур очистки. Простые зёрна наблюдаются в нескольких важных культурах, таких как кукуруза (*Zea mays*), сорго (*Sorghum bicolor*), ячмень (*Hordeum vulgare*) и пшеница (*Triticum aestivum*) [16]. Простые крахмальные зёрна далее классифицируются на два подтипа, называемые бимодальными и однородными. Бимодальный тип содержит маленькие и большие простые гранулы, которые сосуществуют в одних и тех же клетках. Однородный тип содержит сходные по размеру шестиугольные, пятиугольные или круглые простые гранулы. Сложные и простые гранулы наблюдаются в клубнях. Картофель (*Solanum tuberosum*) и китайский батат (*Dioscorea batatas*) синтезируют простые зёрна, в то время как сложные наблюдаются в сладком картофеле (*Ipomoea batatas*) и эддоке (*Colocasia esculenta*) [17].

Картофельный крахмал широко используется в пищевой промышленности, для технических целей в текстильной, бумажной, полиграфической промышленности и в быту [18]. Использование крахмала во многом определяется его свойствами, связанными с

морфологической структурой. Структура крахмальных зерен зависит от биохимических механизмов накопления крахмала и в первую очередь определяются сортом сырья и его качеством. Размер крахмальных гранул оказывает существенное влияние на качество крахмала. Мелкие гранулы хуже набухают и, соответственно, медленнее желатинизируются, кроме того, они хуже хранятся [19].

В настоящее время приводится много работ по изучению морфологии крахмальных гранул картофеля различными микроскопическими методами, с использованием флуоресцентной, сканирующей электронной, конфокальной лазерной сканирующей микроскопии и др. [20-22]. Измерение гранул крахмала с помощью светового микроскопа является предпочтительным подходом в большинстве лабораторий, поскольку это традиционный метод, позволяющий исследовать как размер, так и форму. Однако, несмотря на несомненную ценность этого метода, процесс анализа зёрен при помощи световой микроскопии по-прежнему остается трудоёмким и отчасти субъективным [23]. На данный момент селекционная и семеноводческая работа переходит на новый технологический уровень. При этом в оценке множества сортов и гибридов картофеля центральную роль играют высокоэффективные поточные методы фенотипирования с низкой себестоимостью, способные дать надежную информацию о полезных признаках растения, используя ограниченное количество материала и доступное для удаленных и полевых локаций оборудование [24]. Современная визуализирующая техника могла бы упростить методические подходы, сократив время, затрачиваемое на исследование.

Автоматический счетчик клеток Countess II FL – это настольная платформа, оснащенная современной оптикой, полной автофокусировкой и программным обеспечением для быстрого анализа клеток в суспензии. Прибор обеспечивает гибкость анализа, исследователь может выполнять подсчет клеток, контролировать экспрессию флуоресцентного белка, оценивать апоптоз и измерять жизнеспособность любым удобным способом: прибор оснащен двумя каналами флуоресценции (два EVOS куба) и оптикой светлого поля [25]. Однако, для изучения морфологии крахмальных гранул он ранее не применялся, но мог бы ускорить процесс исследования.

В связи с этим целью данной работы было сравнительное изучение морфологической структуры нативного картофельного крахмала методом клеточного счетчика Countess II FL automated cellcounter (ThermoFisherScientific, США.).

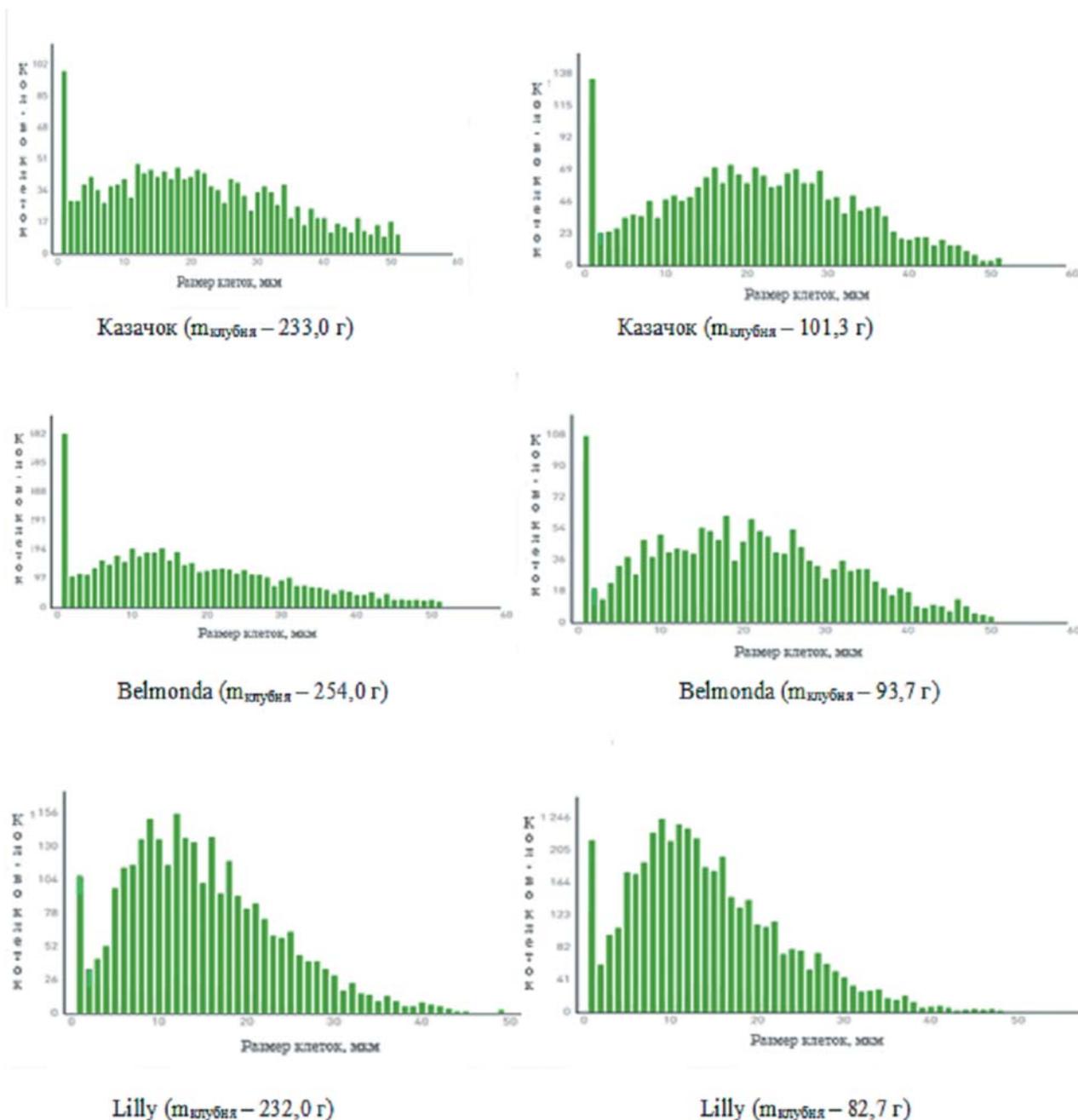
**Материалы и методы**

Работа выполнена в 2020-2021 гг. в ФГБНУ «ФНЦ

агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Полевые исследования проводили на экспериментальной площадке отдела картофелеводства и овощеводства с. Пуциловка. Все изучаемые сорта картофеля выращивались в одинаковых условиях. Лабораторные опыты по изучению микроструктуры крахмальных гранул выполнены на базе лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур. В ходе полевого эксперимента были изучены сорта картофеля: мировой коллекции ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов

растений им. Н.И. Вавилова–ВИР, г. Санкт-Петербург; коллекции ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, Московская обл.; сорта, полученные в ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. По группам спелости и содержанию крахмала (в пределах 9,34-17,2%) в клубнях была сформирована выборка из 11 сортов: Августин, Дачный, Казачок, Смак, Юбиляр (Россия), Belmonda, Labella, Laperla, Lilly, Queen Anne, Red Lady (Германия).

*Метод клеточного счетчика.* Для извлечения крахмала использовали ткани мякоти клубней. Клубни раз-



**Рис. 1.** Количественный состав суспензии крахмальных гранул сортов картофеля в электрочувствительной зоне апертуры счетного элемента клеточного счетчика ( $n=3$ , коллекционный питомник ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 2021 год). Диапазон измерений размера клеток, мкм – 5–60; диапазон концентрации, клеток/мл –  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^7$ ; время обработки, сек – 10; оптическое увеличение 2,5x

**Fig. 1.** Quantitative composition of starch granule suspension of potato varieties in the electrosensitive aperture zone of cell counter element ( $n=3$ , collection nursery of A.K. Chaika Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Far East, 2021). Cell size measurement range,  $\mu\text{m}$  - 5-60; concentration range, cells/ml –  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^7$ ; processing time, sec – 10; optical magnification, 2.5x

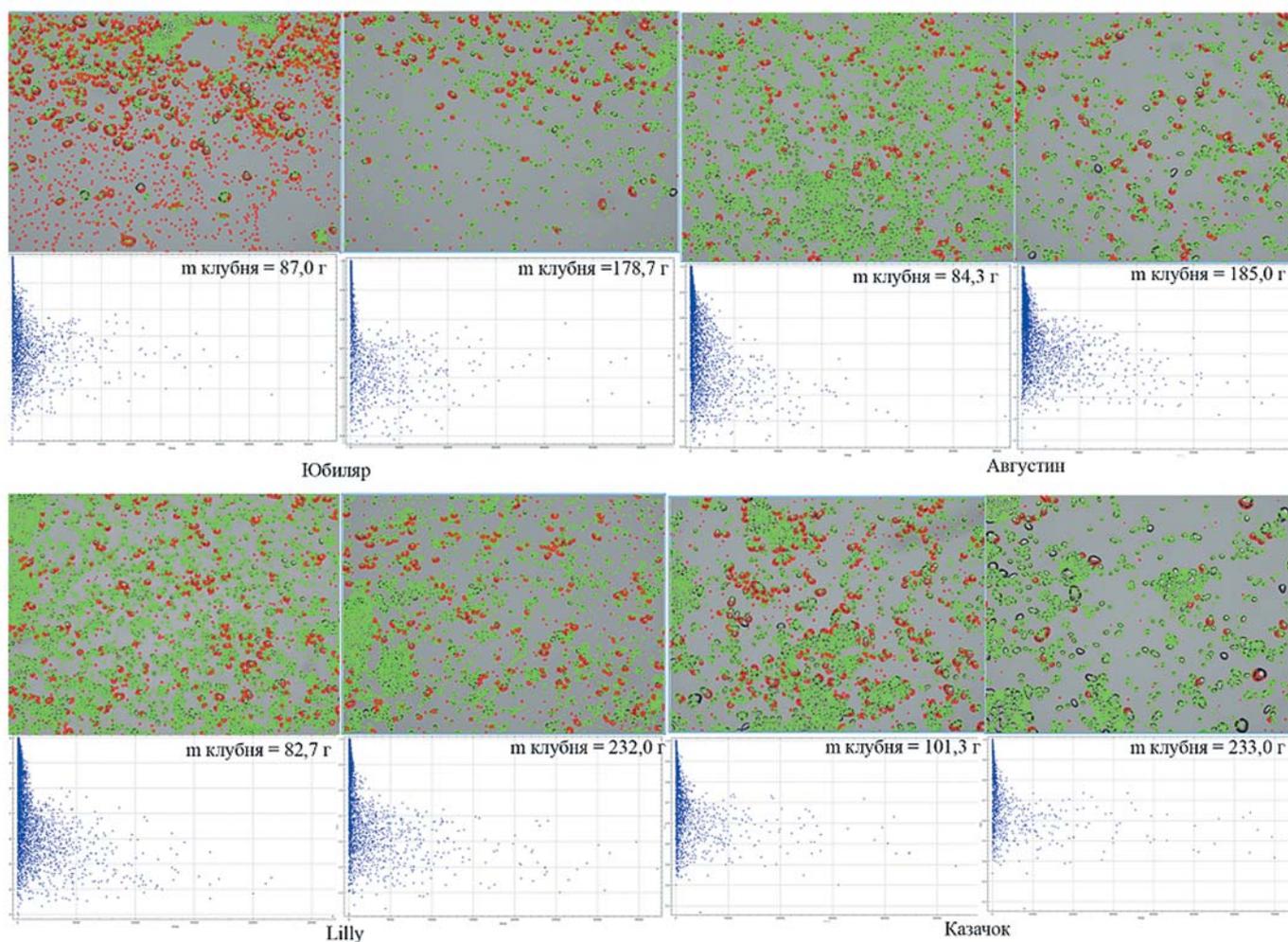


Рис. 2. Распределение крахмала в сортах картофеля. (n=3, коллекционный питомник ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 2021 год). Диапазон измерений размера клеток, мкм – 5–60; диапазон концентрации, клеток/мл –  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^7$ ; время обработки, сек – 10; оптическое увеличение 2,5x клеток Countess II FL AutomatedCellCounter (ThermoFisherScientific, США)

Fig. 2. Starch distribution in potato varieties. (n=3, collection nursery of A.K. Chaika Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Far East, 2021). Measurement range of cell size,  $\mu\text{m}$  - 5-60; concentration range, cells/ml –  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^7$ ; processing time, sec – 10; optical magnification, 2.5x (sample cell counter internal reports of Countess II FL AutomatedCellCounter (ThermoFisherScientific, USA))

ных фракций (крупная и мелкая) мыли, взвешивали (вес клубней каждой фракции фиксировался и вычислялся средний), очищали от кожуры, измельчали на универсальном измельчителе MMR 08A1 (Bosch, Германия). Из полученной массы вымывали крахмал десятикратным количеством дистиллированной воды с последующим отстаиванием и фильтрацией через бумажный фильтр при пониженном давлении. Полученный осадок высушивали, взвешивали, отбирали навеску в 2,5 грамма и разводили в 500 мл дистиллированной воды [18]. 10 мкл полученной суспензии помещали пипет-дозатором на слайд многократного применения счетчика клеток Countess II FL AutomatedCellCounter (ThermoFisherScientific, США) и проводили измерение размеров и количества полученных форменных элементов. Диапазон измерений размера клеток, мкм – 5–60; диапазон концентрации, клеток/мл –  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^7$ ; время обработки, сек – 10;

оптическое увеличение,  $\times$  – 2,5; применение световых кубов EVOS.

Обработку микрофотографий гранул крахмала, а также минимальную статистическую обработку полученных данных проводили в программе ImageJ по В.К. Хлесткину [24]. Для проверки достоверности полученных результатов использовали статистические программы MSEXCEL 2007 и Statistica 10 («StatSoft, Inc.», США), рассчитывали средние ( $M$ ) и  $t_{0,05} \frac{1}{2} \text{SEM}$ . Полученные данные были проанализированы с помощью t-распределения Стьюдента и уточнены с помощью поправки Дункана [26] для проверки значимости различий между средними значениями.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований на клеточном счетчике, изученные нами сорта отличались по размеру крахмальных гранул в зависимости от

Таблица. Морфологическая характеристика крахмальных гранул, полученных из разных сортов картофеля  
Table. Morphological characteristics of starch granules obtained from different potato varieties

Сорт картофеля	Группа спелости	Масса клубня, г	Концентрация крахмала	Средний размер, мкм	Распределение гранул по размеру (%)		
					до 20 мкм	от 20 до 50 мкм	более 50 мкм
Юбиляр	Р	178,7	0,88×107/мл	17,88 ±0.04a	68,53±0.03e	30,93	0,54±0.01b
		87,0	1,80×107/мл	12,28±0.02c	72,61±0.02b	27,13	0,26±0.01f
Laperla	Р	214,5	1,31×107/мл	18,18±0.03e	61,11±0.01b	38,13	0,76±0.01h
		75,3	0,71×107/мл	15,95±0.01d	53,1±0.01b	46,90	-
Red Lady	Р	217,0	1,70×107/мл	16,23±0.03b	60,28±0.02b	39,44	0,28±0.02g
		79,5	1,24×107/мл	15,06±0.01c	58,75±0.02b	41,25	-
Queen Anne	Р	236,7	1,39×107/мл	17,33±0.02e	68,00±0.02b	31,50	0,50±0.02e
		81,5	1,19×107/мл	21,04±0.02e	32,14±0.01b	67,60	0,26±0.01c
Labella	Р	142,3	4,19×107/мл	13,45±0.03c	80,72±0.02ab	18,58	0,70±0.01h
		89,0	1,12×107/мл	16,52±0.01b	66,06±0.02a	33,52	0,42±0.02f
Belmonda	СР	254,0	3,28×107/мл	18,31±0.03cd	64,67±0.02ab	34,96	0,37±0.02b
		93,7	1,14×107/мл	20,51±0.03d	56,69±0.01ab	43,00	0,31±0.02b
Lilly	СР	232,0	1,95×107/мл	14,23±0.04c	73,7,00±0.01a	26,00	0,30±0.02b
		82,7	2,94×107/мл	13,73±0.03e	77,27±0.02a	22,73	-
Дачный	СРП	185,0	1,17×107/мл	16,52±0.03e	69,50±0.02a	30,40	0,10±0.01b
		84,3	0,19×107/мл	10,74±0.04b	77,81±0.01a	22,19	-
Августин	СРП	207,3	1,08×107/мл	17,71±0.04c	52,27±0.02a	47,18	0,55±0.02f
		69,3	2,04×107/мл	17,21±0.03e	58,52±0.01a	41,25	0,23±0.01b
Смак	СП	211,0	2,03×107/мл	19,96±0.03c	7,78±0.02a	91,36	0,86±0.01g
		67,5	1,10×107/мл	19,97±0.02cd	47,99±0.01a	49,93	0,63±0.01c
Казачок	СП	233,0	0,99×107/мл	21,75±0.01e	48,11±0.01c	50,24	1,77±0.01c
		101,3	1,55×107/мл	20,41±0.01cd	36,23±0.02f	63,28	0,49±0.02f
Статистическая обработка	Критерий Шапиро – Уилка W	0,8336	0,8664	0,9718	0,9	0,8974	0,8297
	Критерий Харке-Бера JB	2,803	9,286	0,7407	8,986	9,376	28,72
	p-уровень значимости	0,2462	0,009626	0,6905	0,01118	0,009204	5,787E-07

Примечание: 1) Значения в одном столбце, сопровождаемые одной и той же буквой, статистически не различаются на уровне вероятности 0,05 с помощью ANOVA, с применением теста Дункана; 2) Р – ранний, СР – среднеранний, СРП – среднеспелый, СП – среднепоздний.

величины клубня и группы спелости (рисунок 1). Масса мелких клубней варьировала от 67,5 г до 101,3 г, масса крупных клубней составляла от 159,0 г до 258,5 г. Отмечено, что крупные и мелкие клубни сортов раннего, среднего и позднего срока созревания отличались по количеству и размеру крахмальных гранул. В ходе эксперимента было установлено, что нет четкой зависимости между долей мелких/средних крахмальных зерен и фракцией клубней картофеля. В тоже время, независимо от срока созревания, крупные клубни изучаемых сортообразцов имели большее количество гранул диаметром более 50 мкм, в сравнении с клубнями меньшей массы того же сорта. Наибольшее количество зерен, имеющих размер более 50 мкм, отмечено в крупных клубнях сорта

симо от срока созревания и генетического происхождения, имели преимущественно гранулы округлой и овальной формы (табл.).

Следует отметить, что применение метода подразумевает игнорирование так называемых «живых» (live) и «мертвых» (dead) клеток, по которым клеточный счетчик автоматически дифференцирует популяцию. В процессе исследования следует учитывать только общую концентрацию клеток в суспензии (total) (рис.3). В целом, метод клеточного счетчика является достаточно точным, удобным в сравнении с уже известными методами визуализации крахмальных зерен.

### Countess II Live/Dead Report

File name: kazachok big\_R.pdf

Date: 09.10.2020 09:23:39 AM

#### Results:

	Concentration	
Total		9.93 x 10 <sup>6</sup> /mL
Live	95%	9.48 x 10 <sup>6</sup> /mL
Dead	5%	4.52 x 10 <sup>5</sup> /mL

**Рис. 3. Учет общей концентрации клеток в суспензии (рабочее поле счетчика клеток Countess II FL AutomatedCellCounter (ThermoFisherScientific, США)  
Fig. 3. Accounting for the total concentration of cells in suspension (working field of the Countess II FL AutomatedCellCounter cell counter (ThermoFisherScientific, USA)**

Казачок – 1,77%. Было посчитано общее количество гранул в суспензии каждого сорта, оно варьировало от 1253 до 5621 штук.

В картофельном клубне крахмал находится в виде зерен овальной, многогранной и округлой формы с правильными и неправильными контурами различной величины, которая колеблется в пределах 1–110 мкм, чаще же составляет 20–30 мкм в диаметре [27, 28] (рис.2).

В ходе исследований установлено, что сорта раннего срока созревания имели преимущественно размер гранул менее 20 мкм не зависимо от фракции клубней, исключение составляет сорт Queen Anne, в мелких клубнях данного сорта гранулы крахмала размером более 20 мкм составляет 67,86%. Было отмечено, что доля средних и крупных зерен возрастала в сортах с более продолжительным периодом вегетации, так сорт Августин среднеспелого срока созревания имел долю средних и крупных зерен в крупном и мелком клубне 47,72 и 41,48 % соответственно. Максимальное количество гранул размером более 20 мкм отмечено у среднепоздних сортов Казачок (63,77%) и Смак (92,22%). Изученные сорта, незави-

#### Заключение

В результате изучения микроструктуры нативного крахмала установлены значительные различия в распределении гранул по размерам. Было отмечено увеличение доли средних и крупных крахмальных гранул в сортах среднего и среднепозднего срока созревания. Наибольшее количество гранул размером более 20 мкм отмечено у среднепоздних сортов Казачок (63,77%) и Смак (92,22%). Максимальная доля гранул более 50 мкм установлена в крупных клубнях сорта Казачок (1,77%).

Метод с использованием клеточного счетчика и последующей обработкой микрофотографий гранул крахмала представляет собой доступный, экономичный, простой и эффективный подход к фенотипированию сортов и гибридов картофеля *Solanum tuberosum* L. по физико-химическим параметрам крахмала. Данный метод может применяться для ускоренного анализа большого числа образцов на ограниченном количестве природного материала, в том числе в полевых и хозяйственных лабораториях.

**Об авторах:**

**Дмитрий Игоревич Волков** – аспирант, зав. отделом картофелеводства и овощеводства, автор для переписки, volkov\_dima@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>

**Ольга Абдулалиевна Собко** – аспирант, н.с. лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур, o.eyvazova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>,

**Петр Викторович Фисенко** – кандидат биол. наук, в.н.с. и.о. зав. лабораторией селекционно-генетических исследований полевых культур, phisenko@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1727-4641>

**Наталья Валериевна Мацишина** – кандидат биол. наук, ст.н.с. лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур, mnathalie134@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0165-1716>

**Александр Александрович Гисюк** – м.н.с. отдела картофелеводства и овощеводства.

**Ирина Вячеславовна Ким** – кандидат с.-х. наук, в.н.с. отдела картофелеводства и овощеводства, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

**Марина Владимировна Ермак** – м.н.с. лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур, ermackmarine@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-37278634>

**About the authors:**

**Dmitry I. Volkov** – PhD student, Head of Potato and Vegetable Growing Department. Correspondence Author, volkov\_dima@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>

**Olga A. Sobko** – PhD student, Researcher of the Laboratory of Selection and Genetic Research of Field Crops, o.eyvazova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>,

**Petr V. Fisenko** – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Acting Head of laboratory of selection and genetic research of field crops, phisenko@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1727-4641>

**Nathalia V. Matsishina** – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher laboratory of selection and genetic research of field crops, mnathalie134@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0165-1716>

**Aleksandr A. Gisyuk** – Junior Researcher of the Department of Potato and Vegetable Growing

**Irina V. Kim** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Department of Potato and Vegetable Growing, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

**Marina V. Ermak** – Junior Researcher of laboratory of selection and genetic research of field crops, ermackmarine@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-37278634>

• **Литература / References**

- Buléon A., Colonna P., Planchot V., Ball S. Starch granules: structure and biosynthesis. *Int. J. Biol. Macromol.* 1998;23(2):85-112. DOI: 10.1016/s0141-8130(98)00040-3
- Hancock R.D., Tarbet B.J. The other double helix – the fascinating chemistry of starch. *J. Chem. Educ.* 2000;77:988-992. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ed077p988>.
- Nakamura Y. Towards a better understanding of the metabolic system for amylopectin biosynthesis in plants: rice endosperm as a model tissue. *Plant Cell Physiol.* 2002;43:718-725. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcf091>.
- James M.G., Denyer K., Myers A.M. Starch synthesis in the cereal endosperm. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2003;6:215-222. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00042-6](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00042-6).
- Sakamoto W., Miyagishima S.Y., Jarvis P. Chloroplast biogenesis: control of plastid development, protein import, division and inheritance. *Arab. Book.* 2008;6:e0110. DOI: 10.1199/tab.0110.
- Fajardo D., Haynes K.G., Jansky S. Starch Characteristics of Modern and Heirloom Potato Cultivars. *Am. J. Potato Res.* 2013; 90: 460–469. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9320-5>.
- Matsushima R., Maekawa M., Fujita N., Sakamoto W. A rapid, direct observation method to isolate mutants with defects in starch grain morphology in rice. *Plant Cell Physiol.* 2010;51:728-741. DOI: 10.1093/pcp/pcf040.
- Harz C.O. Beiträge zur systematik der Gramineen. *Linnaea.* 1880;43(9):1-30.
- Tateoka T. On the systematic significance of starch grains of seeds in Poaceae. *J. Jap. Bot.* 1954;29:341-347.
- Tateoka T. Further studies on starch grains of seeds in Poaceae from the view point of systematic. *J. Jap. Bot.* 1955;30:199-208.
- Czaja A.T. Structure of starch grains and the classification of vascular plant families. *Taxon.* 1978; 7(5-6):463-470. DOI: <https://doi.org/10.2307/1219895>.
- Jane J.-L., Kasemsuwan T., Leas S. et al. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch-Starke.* 1994;46(4):121-129. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.19940460402>.
- Shapter F.M., Henry R.J., Lee L.S. Endosperm and starch granule morphology in wild cereal relatives. *Plant Genet. Res.* 2008;6:85-97.
- Tateoka T. Starch grains of endosperm in grass systematic. *Bot. Mag. Tokyo.* 1962;75(892):377-383. DOI: <https://doi.org/10.15281/jplantres1887.75.377>.
- Barker N.P., Clark L.G., Davis J.I. et al. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Ann. Missouri Bot. Garden.* 2001;88(3):373-457. DOI: <https://doi.org/10.2307/3298585>.
- Cabáková J., Přebyl J., Skládal P., Kulich P., Chmelík J. Size, shape and surface morphology of starch granules from Norway spruce needles revealed by transmission electron microscopy and atomic force microscopy: effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Tree Physiology.* 2008;28(10):1593-1599. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/28.10.1593>.

- Psota V., Bohačenko I., Hartmann J., Budinská M., Chmelík J. Comparison of the GFFF and LALLS methods for the measurement of starch granule size distribution in spring barley caryopses. *J. Inst. Brew.* 2002;108(2):200-203. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2002.tb00541.x>.
- Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. Food Chemistry. 4<sup>th</sup> revis. expand. ed. Leipzig: Springer-Verlag, 2009. 1070 p.
- Pérez S., Bertoff E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. *Starch/Starke.* 2010;62(8):389-420. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/star.201000013>.
- Sjö M.E., Eliasson A.-C., Autio K. Comparison of Different Microscopic Methods for the Study of Starch and Other Components within Potato Cells. *Food.* 2009;3(Special Is. 1):39-44.
- Jagadeesan S., Govindaraju I., Mazumder N. Insight into the Ultrastructural and Physicochemical Characterization of Potato Starch: A Review. *Am. J. Potato Res.* 2020;97:464-476. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09798-w>.
- Литвяк В.В., Заболотец А.А., Симаков Е.А., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Костенко В.Г. Особенности морфологической структуры гранул крахмала различных сортов картофеля. *Достижения науки и техники АПК.* 2019;33(11):55-59. EDN: THPMQH. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11112 [Litvyak V.V., Zabolotets A.A., Simakov E.A., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Kostenko V.G. Features of the morphological structure of starch granules in various potato varieties. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2019;33(11):55-59. (In Russ.) EDN: THPMQH. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11112]
- Li X.-Q., Zhang, J. Luo S., Liu G., Murphy A., Leclerc Y., Xing T. Effects of sampling methods on starch granule size measurement of potato tubers under a light microscope. *Int. J. Plant Biol.* 2011;2:14-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.4081/pb.2011.e5>
- Хлесткин В.К., Эрст Т.В. Практическое руководство по оценке морфологии гранул картофельного крахмала методом микроскопирования. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2017.21.(6):728-734. DOI: 10.18699/VJ17.290 [Khlestkin V.K., Erst T.V. A practical guide to the starch granules' morphology study by microscopy. *Vavilov journal of genetics and breeding.* 2017.21.(6):728-734. (In Russ.) DOI: 10.18699/VJ17.290]
- The new and improved Countess® II FL Automated Cell Counter. <https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/references/newsletters-and-journals/bioprobess-journal-of-cell-biology-applications/bioprobess-70/countess-ii-fl-automated-cell-counter.html>
- Moroney M.J. Facts from figures. 3rd ed. Harmondsworth. Middlesex: Penguin Books Ltd., 1956. 472 p.
- Eliasson A.C. Starch in food: structure, function and application. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2004. 590 p.
- Volkov D., Kim I., Klykov A., Matsishina N. Comparative Evaluation of Different Potato Varieties for Their Suitability for Starch Processing. *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2022;353:443-45

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-40-45>  
УДК 635.21:631.526.32(470.21)

Т.Э. Жигadlo

Полярная опытная станция – Филиал ВИР, Федеративный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) 184209, Россия, Апатиты, Мурманская область, ул. Колова, 2а

\*Автор для переписки:  
Hibinytanya@rambler.ru

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Жигadlo 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>

**Поступила в редакцию:** 19.04.2022  
**Принята к печати:** 28.06.2022  
**Опубликована:** 20.07.2022

Tatyana E. Zhigadlo

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,  
Polar Experiment Station of VIR  
2a Kozlova st., Apatity 184209, Russia

\*Corresponding author:  
Hibinytanya@rambler.ru

**Conflict of Interest.** The author declare no conflict of interest.

**For citations:** 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>

**Received:** 19.04.2022  
**Accepted for publication:** 28.06.2022  
**Published:** 20.07.2022

# Биологические особенности развития ранних сортов картофеля в условиях Мурманского региона



**Резюме**

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – довольно популярная в России сельскохозяйственная культура, клубни которой являются основным продуктом питания населения. Для Севера актуально пополнять ассортимент ранних сортов картофеля, приспособленных к выращиванию в экстремальных условиях. Целью данного исследования было изучение ранних сортов картофеля, и выделение из них лучших в условиях Мурманского региона.

**Методы.** В статье представлены результаты изучения биологии развития и элементов продуктивности 63 ранних и среднеранних сортов из мировой коллекции картофеля ВИР. Сорт Хибинский ранний применен в качестве стандарта. Изучение проводили на территории Полярной опытной станции (г. Апатиты, Мурманская область). Общая площадь делянки составляла 286,5 м<sup>2</sup>, учётная площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>, схема посадки – 70х30 см, повторность в опыте трёхкратная, размещение сортов на участке рендомизированное. Метеорологические параметры отличались по годам, что позволило полноценно оценить разнообразные генотипы в местных условиях произрастания.

**Результаты.** Фенологические наблюдения выявили сорта с самыми короткими межфазными периодами: Огниво, Суйдинский ранний, Уральский ранний, Хибинский ранний, Amazone, Aster, Lady Claire. Сорта Дарёнка, Любава, Дельфин образовывали ягоды в течение трех лет. Исследования в течение 3 лет ранних сортов картофеля показали следующие результаты продуктивности: на 50-й день от посадки предел варьирования от 153,4 до 333,2 г/куст (самая максимальная продуктивность у сорта Aster – 333,2 г/куст). На 60-й день от посадки продуктивность была в пределах 464,4-572,1 г/куст (максимальная – у сорта Concorde 572,1 г/куст); на 75 день от посадки продуктивность варьировала от 916,2 до 1080,9 г/куст (высокая – у сорта Corine – 1080,9 г/куст).

**Заключение.** Concorde, Corine и Karatop превысили показатели стандарта во время динамических копков во время изучения, что показывает способность сортов интенсивно накапливать массу клубнями в ранние сроки в сочетании с высокой стабильной продуктивностью в условиях Севера. Установлено существенное влияние метеоусловий на репродукционный потенциал растений картофеля, на динамику развития растений картофеля, его урожайность и на адаптивную способность к местным условиям выращивания.

**Ключевые слова:** картофель, ранние сорта, динамика накопления, раннеспелость, урожайность, адаптивность

## Biological features of the development of early potato varieties in the Murmansk region

**Abstract**

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is a fairly popular agricultural crop in Russia, the tubers of which are the main food of the population. For the North, it is important to replenish the assortment of early potato varieties adapted to growing in extreme conditions. The aim of this research was to study the development of plants of early and mid-early potato varieties in the Murmansk region.

**Methods.** The article presents the results of studying the developmental biology and productivity elements of 63 early and mid-early varieties from the of VIR world potato collection. The Khibinskiy ranniy variety is used as a standard. The study was conducted on the territory of the Polar Experimental Station of Apatity. The soil of the experimental plot is sandy loam, highly cultivated, the organic matter content is 8,7%, pH 5,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 103 mg/100 g, K<sub>2</sub>O – 39,2 mg/100 g of soil. The total area of the plot was 286,5 m<sup>2</sup>, the counting area was 5 m<sup>2</sup>, the planting scheme was 70x30 cm, the experiment was repeated three times, the distribution of varieties was randomized.

**Results.** Phenological observations revealed varieties with the shortest interphase periods: Ognivo, Sundinsky ranniy, Uralskiy ranniy, Khibinskiy ranniy, Amazone, Aster, Lady Claire. Varieties Daryonka, Lyubava, Dolphin formed berries within three years.

**Conclusion.** Concorde, Corine и Karatop exceeded the standart at 50, 60, 75 days from planting in the years of study, which shows the ability of the cultivars for intensive tuberization in the early stages, combined with high stable productivity in the North. The significant influence of meteorological conditions on the development dynamics of potato plants, their yield and on the adaptive ability to local growing conditions has been identified. There singled out the cultivars that are characterized by consistently high rates of the dynamics of tuber accumulation in the early stages, possessing a high adaptive ability, which can be used in breeding for early maturity and productivity in the North regions.

**Keywords:** potato, early varieties, accumulation dynamics, earliness, yield, adaptability

## Введение

В картофелеводстве сорт является самостоятельным фактором повышения урожайности [1], и чтобы эффективно его реализовать, необходима полная информация о его биологических особенностях, в т.ч. продуктивности, адаптивности и стабильности в местных условиях возделывания [2]. Климат Кольского полуострова характеризуется специфическими особенностями, отличающие его от других северных районов РФ. Теплое течение Гольфстрим, которое омывает Мурманское побережье, оказывает сильное влияние на климат в целом. Здесь мягкая продолжительная зима, влажное и прохладное лето. Лимитирующие факторами являются: недостаток тепла в течение лета, возможность заморозков в любой момент вегетации растений, короткий вегетационный период [3]. Поэтому продвижение картофеля в северные районы возможно благодаря внедрению в производство новых перспективных сортов картофеля с интенсивным клубнеобразованием в ранние сроки, что позволяет избежать неблагоприятных погодных воздействий. Важной особенностью таких сортов является устойчивость ботвы к кратковременным заморозкам [4]. Приоритетными направлениями селекционной работы за Полярным кругом все еще остается выведение адаптированных к местным условиям произрастания высокоурожайных ранних столовых сортов картофеля, удовлетворяющих запросам потребителей по внешнему виду, по вкусовым качествам, обладающими комплексной устойчивостью к болезням.

Цель исследования: изучение развития растений сортов картофеля ранней и среднеранней групп спелости, и выявление лучших из них, обладающих стабильной урожайностью и высокой адаптивной способностью к условиям Крайнего Севера.

## Материалы и методика исследований

Работы по изучению проводили на территории Полярной опытной станции – филиале ВИР (г. Апатиты, Мурманская область). Объектами исследования были 63 сорта картофеля из ранней группы спе-

лости, из них: 29 сортов отечественной селекции, и 34 – иностранной. За стандарт взят сорт Хибинский ранний. Закладка опыта проведена согласно общеизвестной полевой методике [6]. Почва опытного участка супесчаная, высоко окультуренная, содержание органического вещества – 8,7%, рН – 5,2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 103 мг/100 г, K<sub>2</sub>O – 39,2 мг/100 г почвы. Общая площадь делянки составляла 286,5 м<sup>2</sup>, учётная площадь делянки 5 м<sup>2</sup>, схема посадки 70x30 см, повторность в опыте трёхкратная, размещение сортов рендомизированное. Даты посадки картофеля в 2013 году – 30 мая, в 2014 и 2015 годах – 2 июня. Клубни изучаемых сортов, подвергались проращиванию (яровизации) в течение 40 дней до посадки в питомник. Посадка и копка образцов проводилась вручную. Вегетационный период 75 дней. Агротехнику возделывания сортов картофеля применили согласно рекомендациям, принятым для Мурманской области [7].

Во время вегетации отмечали скорость прохождения растениями фенологических фаз. Оценка раннего урожая сортов определяли методом динамического учета накопления массы клубней на 50-й и 60-й день от посадки. Продуктивность учитывали на 75-й день от посадки. Урожайность сортов сравнивали со стандартом. Все учеты проводилась согласно Методическим указаниям по поддержанию и изучению Мировой коллекции картофеля [8]. Был проведён дисперсионный анализ с использованием пакета Statsoft Statistica. Исследовалось влияние факторов «сорт» и «год», в исследованиях принят уровень значимости 5% [9]. Анализ адаптивной способности сортов картофеля проводили согласно методике [10].

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований сильно различались, что безусловно оказало влияние на рост, развитие, продуктивность растений картофеля, а также позволило оценить генотипы в разных условиях произрастания (табл. 1). Так, в 2013 году относительно теплая и сухая погода в мае-июне повлияла положительно на рост растений, ГТК составил 1,5 и 1,0 соответственно. Дефицит влаги был отмечен в июле-августе и ГТК составил 0,7 и 0,9. Сумма активных температур соста-

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационных периодов (2013-2015 годы)  
Table 1. Meteorological conditions of the growing seasons (2013-2015)

Год	Осадки, мм			
	Май	Июнь	Июль	Август
2013	38,4	56,4	44,8	52,5
2014	31,4	39,3	53,2	65,5
2015	42,3	109,2	81,8	49,7
Среднеголетнее	37,0	51,0	64,0	64,0
Средняя температура воздуха, °С				
2013	7,0	14,2	15,0	14,2
2014	4,4	9,6	16,2	13,6
2015	6,4	10,1	10,9	12,4
Среднеголетнее	3,7	10,5	14,1	11,8

вила 1097 °С. Средняя суточная температура периода «июнь-август» +14,5 °С. В целом, метеорологические условия вегетационного периода были благоприятными для формирования урожая.

Вегетационный период 2014 года был более прохладным и влажным. Низкие температуры воздуха в июне (меньше нормы) и недостаток влагообеспеченности в июле (ГТК=0,8) способствовали увеличению продолжительности фенологических фаз у растений и снижению продуктивности. Сумма активных температур составила 950°С. Средняя суточная температура периода «июнь-август» +13,1°С.

Метеоусловия 2015 года в начале вегетационного

периода были крайне неблагоприятными для роста растений. В июне и июле выпало большое количество осадков, особенно в июне (109,2 мм при норме 51 мм). Гидротермический коэффициент составил в июне – 2,9; в июле – 1,8. Средние температуры воздуха периода июнь-июль были ниже нормы. Сильное переувлажнение почвенного покрова и недостаток активных температур сильно ограничили рост вегетирующих растений. Месяц август был более сухим и теплым (ГТК=0,9), что позволило растениям накопить достаточный урожай. Сумма активных температур составила 610,8°С. Средняя суточная температура периода «июнь-август» +11,1°С.

**Таблица 2. Сорты картофеля с наименьшей продолжительностью межфазных периодов развития (2013-2015 годы)**  
**Table 2. Potato varieties with the shortest duration of interphase periods of development (2013-2015)**

Название сорта	Продолжительность периода от посадки (дни)				
	всходы	бутонизация	цветение	продолжительность цветения	ягодообразование
Хибинский ранний (St)	11	31	48*	11	63
Белоснежка	11	40	47	8	67
Даренка	13	34	46*	10	64*
Жуковский ранний	11	35	50*	10	64
Крепыш	11	37	55*	9	61
Любава	12	34	47*	16	63*
Нептун	11	39	49	5	67
Огниво	11	35	46*	5	53
Повировец	15	34	51*	10	61
Суйдинский ранний	7	36	47*	11	55
Удача	14	36	57*	5	67
Утенок	11	43	55*	5	67
Уральский ранний	10	33	47*	9	-
Дельфин	10	37	49	9	62*
Каприз	11	34	49*	9	62
Alcmaria	8	46	53*	5	67
Amazone	11	28	34	3	-
Aster	10	34	47*	6	56
Earline	11	37	43	12	59
Karatop	10	44	53	5	67
Latona	11	39	53*	10	63
Lady Claire	11	33	48*	16	59
Red Scarlett	11	43	56*	5	67

Примечание: \* данные за 3 года исследований

**Результаты исследований**

В условиях Севера наступление фаз развития растений картофеля зависит не только от биологических особенностей сорта, но и в большей степени от метеорологических параметров вегетационного периода. Анализ фенологических данных 3-х летнего изучения показал, что метеорологические условия действительно оказывали сильное влияние на продолжительность межфазных периодов развития растений ранних сортов. Этот факт подтверждают данные дисперсионного анализа. Фактор «год» оказал достоверное влияние на большинство исследованных признаков. В самый теплый, 2013 год, были достоверно короче, чем в остальные годы, периоды «посадка-бутонизация» (32 дня – в 2013, 42 дня – в 2014, 48 дней – в 2015 годах), «посадка-цветение» (46, 53, 61 день соответственно). Достоверно различались средние температуры межфазных периодов, кроме средней температуры за весь период вегетации («посадка-уборка»). Средние температуры составили: «посадка-всходы» +15,5°C – в 2013 году, +13,1°C – в 2014 году, +8,7°C – в 2015 году; «всходы-бутонизация» – +14,0°C, +11,0°C, +11,0°C; «бутонизация-цветение» – +15,9°C, +17,6°C, +11,7°C; «посадка-уборка» – +15,0°C, +13,8°C, +11,0°C [9].

В пределах изученной выборки (63 сорта и стандарт) выделены сорта с самой короткой продолжительностью как отдельных фаз, так всего периода вегетации: Огниво, Суйдинский ранний, Уральский ранний, Хибинский ранний, Amazone, Aster, Lady Claire (табл. 2).

Фенологические наблюдения показали также, что в данной выборке только у 64% (41 сорт) изучаемых сортов наблюдалось цветение в течение трёх лет подряд. Массовое цветение в течение трех лет было отмечено у сортов Алёна, Горянка, Жуковский ранний, Изора, Крепыш, Суйдинский ранний, Повишь, Aster, Carina, Lady Claire. В то же время у сорта Пригожий №2 цветение отсутствовало в течение трёх лет. Важным селекционным признаком при оценке пригодности сорта к использованию в гибридизации является продолжительность цветения растений. Результаты наблюдений позволили выделить сорта с наибольшей продолжительностью цветения – Любава, Суйдинский ранний, Хибинский ранний, Earline и Lady Claire. Оценка способности сортов к ягодообразованию в экстремальных условиях Севера показала влияние метеоусловий на проявление этого признака. Так, 42 сорта (или 66%) изучаемых сортов не образовывали ягоды в годы исследований, а 22 сорта (31%) образовали ягоды в двух из трех, или только в один год изучения. Стабильное образование ягод наблюдалось только у трёх сортов: Дарёнка, Любава, Дельфин.

В динамике урожай картофеля формируется в результате постепенного накопления массы клубней. Поэтому, имея данные о динамике накопления массы клубней, можно иметь представление об особенностях формирования урожая изучаемых сортов [11]. Для оценки динамики накопления урожая ранними сортами на Севере были проведены динамические копки картофеля на 50, 60, 75 день от посадки.

Наши исследования показали, что наибольшая средняя масса клубней одного растения, в среднем по



Коллекционный участок, 2013 год



Клубни сорта Corine (пробная копка)



Клубни сорта Хибинский ранний (пробная копка)



Ягоды сорта Хибинский ранний



Клубни сорта Concorde (пробная копка)

Таблица 3. Сорты картофеля, выделенные по продуктивности и адаптивности за годы исследований (2013-2015 годы)  
Table 3. Potato varieties identified by productivity and adaptability over the years of study (2013-2015)

Сорт	50-й день, г/куст	60-й день, г/куст	75-й день, г/куст	Ка	V, %
Хибинский ранний (St)	146,6	435,8	747,1	1,1	34,9
Дарёнка	200,2	410,1	843,1	1,2	45,7
Жуковский ранний	257,8	467,7	742,8	1,1	10,5
Изора	120,0	377,8	990,0	1,4	29,0
Лазурит	133,3	474,3	787,5	1,2	33,4
Любава	157,9	294,3	782,3	1,1	46,5
Повировец	252,3	351,1	714,6	1,1	11,7
Удача	236,7	394,6	848,1	1,2	31,4
Утёнок	278,9	383,2	804,0	1,1	44,2
Aster	333,2	397,8	818,8	1,2	22,1
Babett	263,3	373,2	997,0	1,5	10,2
Concorde	279,9	572,1	991,1	1,4	33,2
Corine	246,7	511,2	1080,9	1,6	31,9
Drop	193,4	364,3	773,0	1,1	31,8
Karatop	218,8	464,4	974,4	1,4	43,4
Lady Claire	201,1	369,0	886,4	1,3	24,6
Latona	208,8	427,8	755,7	1,1	39,6
Red Scarlett	254,6	402,3	916,2	1,3	17,2
Sasanka	164,4	329,0	953,7	1,3	52,8

всем изучаемым сортам, отмечена за вегетационный период 2013 года, который характеризуется как самый оптимальный для образования урожая. Средняя продуктивность всех 63 сортов на 50-й день после посадки составила 247,1 г/куст, на 60-й день – 467,8 г/куст, на 75-й – 914,7 г/куст. В 2014 году динамические копки показали продуктивность: 175,2; 313,4 и 629,2 г/куст. В 2015 году (самом неблагоприятном для картофеля) средняя масса клубней одного растения всех сортов составила на момент копок: 59,7; 188,3 и 531,4 г/куст [12].

Также оценка динамики накопления массы клубней позволила выделить за 3 года испытаний 33 сорта, превышающих стандарт на 50-й день от посадки (от

153,4 до 333,2 г/куст). Среди них выделены сорта с максимальной массой накопления клубней на этот период: Жуковский ранний, Повировец, Удача, Утёнок, Холмогорский, Эпрон, Amazone, Aster, Babett, Concorde, Corine, Karatop, Red Scarlett (табл. 3). На 60-й день от посадки стандартный сорт Хибинский ранний превзошли по урожайности только 5 сортов: Жуковский ранний, Лазурит, Concorde, Corine, Karatop. Их продуктивность была в пределах: 464,4-572,1 г/куст. По продуктивности (при окончательной уборке) 23 сорта превысили показатели стандарта. Максимальные показатели имели такие сорта как Изора, Babett, Concorde, Corine, Karatop, Red Scarlett и Sasanka (от 916,2 до 1080,9 г/куст). Сорта картофе-

ля Concorde, Corine, Karator превышали показатели стандарта во время пробных копков за все годы изучения.

Учитывая различное происхождение изучаемых сортов, нами проводились также оценка их адаптивной способности. Для этого были рассчитаны коэффициент адаптивности (Ka), и коэффициент вариации (V) для определения изменчивости признака. Данные исследований представлены в таблице 3.

Анализ продуктивности данной выборки сортов картофеля показал разную степень их адаптивной способности к местным условиям выращивания. Коэффициент адаптивности у выделенных сортов превышает 1,0, что говорит о высокой адаптивной способности сортов в северных условиях произрастания. Показано, что коэффициент адаптивности (Ka) сорта определяет его продуктивность [10]. Сорта картофеля с высокой продуктивностью Изора, Babett, Concorde, Corine, Karator (990,1-1080,9 г/куст) имеют высокие

Ka (1,4-1,6). Коэффициенты вариации находились в пределах от 10,5% до 52,8%, что указывает на нестабильность признака продуктивности, и сильное влияние на изменчивость урожайности ранних сортов картофеля метеоусловий вегетационного периода.

### Заключение

Исследования показали, что погодные условия Севера оказывают значительное влияние на репродукционный потенциал, стабильность урожайности, биохимические качества ранних сортов картофеля.

Выделенные сорта Concorde, Corine, Karator сочетают в себе скороспелость со стабильной продуктивностью, а также высокую адаптивную способность в северных условиях. Эти сорта могут быть использованы как в производственных целях для выращивания в Мурманской области, так и в селекционной работе по созданию новых сортов картофеля ранней группы спелости.

#### Об авторе:

**Татьяна Эдуардовна Жигadlo** – научный сотрудник,  
<https://orcid.org/0000-0001-8605-0196>,  
 Hibinytanya@rambler.ru

#### About the author

**Tatyana E. Zhigadlo** – Researcher,  
<https://orcid.org/0000-0001-8605-0196>,  
 Hibinytanya@rambler.ru

#### • Литература

1. Яшина И.М. Значение сорта в современных технологиях производства картофеля. Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. Чебоксары: КУП УР «Агро-инновации». 2010. С.41-44.
2. Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Семешкина П.С., Амелюшкина Т.А., Мазуров В.Н. Выбирайте сорта с учетом их экологической пластичности. *Картофель и овощи*. 2011;(7):5.
3. Переверзев В.Н. Культурное почвообразование на Крайнем Севере. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 1993. 156 с.
4. Тищенко Г.В., Рябченко Л.В. Оценка степени адаптивности новых сортов картофеля в Магаданской области. *Картофель и овощи*. 2011;(1):18-19.
5. Мельничук Г.Д., Костюк В.И., Куликова Н.Т. Физиология и биохимия картофеля на Кольском Севере. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 1997. 162 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 336 с.
7. Аникина С.А. и др. Система ведения сельского хозяйства в Мурманской области. Мурманск. 1983. 232 с.
8. Киру С.Д. и др. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР. 2010. 27 с.
9. Жигadlo Т.Э., Киру С.Д., Новикова Л.Ю. Влияние метеоусловий на продуктивность раннеспелых сортов картофеля в условиях Мурманской области. Проблемы систематики и селекции картофеля / Тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Сергея Михайловича Букасова, Санкт-Петербург, 3-5 августа 2016 г., 84 с.
10. Молявко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П. Коэффициент адаптивности сорта картофеля определяет его продуктивность. *Картофель и овощи*. 2012;(3):10-11.
11. Гунько Ю.В., Маханько В.Л. Динамика накопления урожая раннеспелыми сортами картофеля. *Картофельводство: сб. науч. тр. РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. Наук Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству»*. Минск. 2016;(24):432.
12. Киру С.Д., Жигadlo Т.Э., Новикова Л.Ю. Потенциал продуктивности раннеспелых сортов картофеля из Коллекции ВИР в условиях Мурманской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30.(10):27-31.
13. Травина С.Н., Бабкова А.С., Жигadlo Т.Э. Оценка адаптивности сортов картофеля из коллекции ВИР в условиях Мурманской области. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: монография. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. 372 с.

#### • References

1. Yashina I.M. The value of the variety in modern potato production technologies. Actual problems of the modern potato industry. Cheboksary: KUP UR "Agro-innovations". 2010. Pp. 41-44. (In Russ.)
2. Ulyanenko L.N., Filipas A.S., Semeshkina P.S., Amelyushkina T.A., Mazurov V.N. Choose varieties based on their ecological plasticity. *Potato and Vegetables*. 2011;(7):5. (In Russ.)
3. Pereverzev V.N. Cultural soil formation in the Far North. Apatity: Publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Kola. 1993. 156 p. (In Russ.)
4. Tishchenko G.V., Ryabchenko L.V. Assessment of the degree of adaptive new varieties of potatoes of potatoes in the Magadan region. *Potato and Vegetables*. 2011;(1):18-19. (In Russ.)
5. Melnichuk G.D., Kostyuk V.I., Kulikova N.T. Physiology and biochemistry of potatoes in the Kola North. Apatity: Publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 1997. 162 p. (In Russ.)
6. Dospikhov B.A. Method of field experiments (with the basics of statistical processing of research). Moscow. Agropromizdat. 1985. 336 p. (In Russ.)
7. Anikina S.A. et al. Farming system in the Murmansk region. Murmansk. 1983. 232 p. (In Russ.)
8. Kiru S.D. et al. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection. St. Petersburg: VIR. 2010. 27 p. (In Russ.)
9. Zhigadlo T.E., Kiru S.D., Novikova L.Yu. The influence of weather conditions on the productivity of early-ripening potato varieties in the Murmansk region. Problems of systematics and potato breeding. Abstracts of the International Scientific Conference dedicated to the 125<sup>th</sup> anniversary of the birth of Sergei Mikhailovich Bukasov. St. Petersburg. August 3-5, 2016. 84 p. (In Russ.)
10. Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Borisova N.P. The coefficient of adaptability of potato cultivar determines its productivity. *Potato and Vegetables*. 2012;(3):10-11. (In Russ.)
11. Gunko Yu.V., Makhanko V. L. Dynamics of crop accumulation by early ripe potato varieties. Potato-growing: *Proceedings. RUE "Research and practical center of National academy of Sciences of Belarus for potato, fruit and vegetable growing"*. Minsk. 2016;(24):432. (In Russ.)
12. Kiru S.D., Zhigadlo T.E., Novikova L.Yu. Potential of productivity of early potato varieties from VIR collection under conditions of Murmansk region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30.(10):27-31. (In Russ.)
13. Travina S.N., Babkova A.S., Zhigadlo T.E. Evaluation of the adaptability of potato varieties from the VIR collection in the conditions of Murmansk region. Methods and technologies in plant breeding and crop production: monograph. Kirov. Research Institute of Agriculture of the North-East. 2016. 372 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-46-54>  
УДК 635.624/.626:(581.19+581.192.1)

Andrew V. Goncharov<sup>1</sup>,  
Nadezhda A. Golubkina<sup>2\*</sup>, Victor F. Pivovarov<sup>2</sup>,  
Irina N. Gasparian<sup>3</sup>, Gianluca Caruso<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University  
143907, Moscow region, Balashikha, st. Shosse  
Entuziastov, 50

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution  
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)  
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo  
district, Moscow region, Russia, 143072

<sup>3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow  
Timiryazev Agricultural Academy  
49, Timiryazev st., Moscow, 127550, Russia

<sup>4</sup> Department of Agricultural Sciences,  
University of Naples Federico II  
80055, Portici, Naples, Italy

\*Corresponding author:  
segolubkina45@gmail.com

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

**Authors' Contributions:** All authors participated in  
the planning and setting of the experiment, as well  
as in the analysis of experimental data and the  
writing of the article.

**For citations:** Goncharov A.V., Golubkina N.A.,  
Pivovarov V.F., Gasparian I.N., Caruso G.  
Comparative evaluation of biochemical parameters  
and mineral composition of *Cucurbita ficifolia*, *C.*  
*maxima* and *C. moschata* fruit, grown in the north-  
ern hemisphere. *Vegetable crops of Russia*.  
2022;(4):46-54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-46-54>

Received: 01.06.2022

Accepted for publication: 04.07.2022

Published: 20.07.2022

А.В. Гончаров<sup>1</sup>, Н.А. Голубкина<sup>2\*</sup>,  
В.Ф. Пивоваров<sup>2</sup>, И.Н. Гаспарян<sup>3</sup>, Д. Карузо<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образо-  
вания Российский государственный аграрный  
заочный университет (ФГБОУ ВО РГАУЗУ)  
143907, Россия, Московская область, г.  
Балашиха, ул. Шоссе Энтузиастов, д. 50  
tikva2008@mail.ru

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

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образо-  
вания Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)  
127550, Россия, Москва, ул. Тимирязева, 49

<sup>4</sup>Неаполитанский Университет Федерико II  
80055, Неаполь, Италия

\*Автор для переписки:  
segolubkina45@gmail.com

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют  
об отсутствии конфликта интересов.

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

**Для цитирования:** Goncharov A.V., Golubkina  
N.A., Pivovarov V.F., Gasparian I.N., Caruso G.  
Comparative evaluation of biochemical parameters  
and mineral composition of *Cucurbita ficifolia*, *C.*  
*maxima* and *C. moschata* fruit, grown in the north-  
ern hemisphere. *Vegetable crops of Russia*.  
2022;(4):46-54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-46-54>

Поступила в редакцию: 01.06.2022

Принята к печати: 04.07.2022

Опубликована: 20.07.2022

# Comparative evaluation of biochemical parameters and mineral composition of *Cucurbita ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit, grown in the northern hemisphere



## Abstract

Fruit peel/pulp distribution of biologically active compounds is an important characteristic of plant physiology and the basis of zero waste production in agriculture. Among *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* the former showed the lowest dry matter content, especially in peel, similar peel and pulp values of antioxidant activity (AOA) and polyphenol content (TP), with the highest levels in fruit placenta. Peel carbohydrate profile of *C. ficifolia* fruit was characterized by lower levels of disaccharides compared to *C. maxima* and *C. moschata* peel and an opposite pattern of monosaccharides accumulation. The analysis of 25 elements content in *Cucurbita* peel and pulp, using ICP-MS, indicated that *C. ficifolia* fruit are characterized by significantly high concentrations of Sr, Si and I in pulp compared to the values of *C. maxima* and *C. moschata*. On the contrary, *C. maxima* and *C. moschata* were characterized by low concentration of pulp Mn. Highly significant positive correlations were recorded between Cr-Sr, Cr-Ca and Ca-Sr ( $r=0.906$ ;  $0.939$  and  $0.974$  respectively) and P-Cu ( $r=0.968$ ). Despite *C. ficifolia*, does not contain carotenoids, it is highly valuable due to the high levels of Si, I, Cr and Ca in peel and pulp, which reveals new areas of its application.

**Keywords:** *Cucurbita ficifolia*; *Cucurbita maxima*; *Cucurbita moschata*; antioxidants; minerals

# Сравнительная оценка биохимических показателей и минерального состава плодов *Cucurbita ficifolia*, *C. maxima* и *C. moschata*

## Abstract

Распределение биологически активных соединений между кожурой и мякотью плодов является важной характеристикой особенности физиологии растения и может служить основой для безотходного производства в сельском хозяйстве.

**Результаты.** Установлено, что среди трех видов тыквы: фиголистной (*C. ficifolia*), крупноплодной (*C. maxima*) и мускатной (*C. moschata*), – фиголистная тыква содержит наименьшее количество сухого вещества, особенно в кожуре плодов, сходные уровни общей антиоксидантной активности (АОА) и содержания полифенолов (ТР) в кожуре и мякоти при максимальных показателях антиоксидантного статуса в плаценте. Углеводный профиль кожуры фиголистной тыквы *C. ficifolia* характеризовался наименьшими уровнями дисахаридов по сравнению с кожурой крупноплодной *C. maxima* и мускатной тыквы *C. moschata* и наибольшими уровнями моносахаров. ИСП-МС анализ содержания 25 элементов в кожуре и мякоти исследованных видов тыквы показал, что фиголистная тыква отличается значительно более высокими уровнями накопления в мякоти Sr, Si, I по сравнению с аналогичными данными для тыквы крупноплодной *C. maxima* и мускатной *C. moschata*. Напротив, плоды крупноплодной и мускатной тыквы характеризовались низкими концентрациями Mn в мякоти. Установлены статистически достоверные положительные корреляции между Cr-Sr, Cr-Ca и Ca-Sr ( $r=0.906$ ;  $0.939$  и  $0.974$  соответственно), а также P-Cu ( $r=0.968$ ). Несмотря на то, что плоды фиголистной тыквы *C. ficifolia* не содержат каротиноиды, их пищевая ценность в значительной степени связана с высокими уровнями Si, I, Cr и Ca в кожуре плодов и мякоти, что открывает новые горизонты использования этого вида.

**Keywords:** *Cucurbita ficifolia*; *Cucurbita maxima*; *Cucurbita moschata*; антиоксиданты; минералы

## 1. Introduction

Pumpkins have long been used in traditional medicine in many countries, such as China, Argentina, India, Mexico, Brazil, and Korea, particularly due to high levels of proteins, minerals, antioxidants, vitamins, carotenoids, and tocopherols [1,2], and low levels of fat and calories.

All representatives of *Cucurbita* family demonstrate anti-obesity, hepato- and nephroprotective, diuretic, antioxidant, anticancer, anti-inflammatory, antidiabetic and immuno-modulating activity [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. *C. ficifolia* is known to possess a powerful antidiabetic potential [4, 10, 11], *C. maxima* and *C. moschata* fruit are good sources of carotenoids (beta-carotene, zeaxanthin, lutein and violaxanthin) highly valuable in ophthalmology, providing a protection of human retina against macular dystrophy [6]. The high adaptability of *C. ficifolia* promoted grafting technology of black-beauty watermelon onto *Cucurbita ficifolia* [12]. The high nutritional value of this plant became the basis of *Cucurbita Ficifolia*/maca vine production [13].

Despite the numerous works devoted to pharmacological significance of *Cucurbita* fruit utilization, little attention has been paid to the peculiarities of peel/pulp mineral and antioxidant distribution [14, 15, 16]. Indeed, detailed investigation of *Cucurbita maxima*, *C. pepo*, *C. moschata* and *C. ficifolia*, achieved by Kostecka-Gugala et al. [1], presents no data on peel/pulp nutrient distribution in fruit of eighteen *Cucurbita* cultivars. At the same time, literature data indicate the high nutritional value of fruit peel, with remarkable levels of minerals in citrus plants [17] and higher peel AOA in *Canarium odontophyllum* Miq. fruit compared to pulp tissues [18]. Several investigations indicate prospects of *Cucurbita* peel utilization in bread baking [15, 19].

The aim of the present work was the comparative evaluation of fruit biochemical characteristics and macro- and trace elements profile of peel/pulp *Cucurbita* species *C. ficifolia* (Pamiaty Tarakanova cv), *C. maxima* (Spasitelnitsa cv) and *C. moschata* (Penguin cv) grown in the Northern hemisphere.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. General methods

Research was conducted on three pumpkin species, *C. ficifolia* ('Pamiaty Tarakanova' cv), *C. maxima* ('Spasitelnitsa' cv) and *C. moschata* ('Penguin' cv), cultivated at the experimental fields of the Russian State Agrarian University, Moscow region, Russia (55°39'58" N, 43°82'64" E) (55° 47' 28" N; 37° 57' 29" E) in 2019 and 2020. The trial was carried out on a sod-podzolic loamy soil with pH 6.5, 2.5 organic matter, 153 mg·kg<sup>-1</sup> mobile phosphorus; 114 mg·kg<sup>-1</sup> exchangeable potassium; 2.9 mg-eq hydrolytic acidity.

The 3 pumpkin species were compared to assess the differences in quality and antioxidant characteristics. A randomized complete block design was used for the treatment distribution in the field, with three repetitions, and the experimental unit had a 294 m<sup>2</sup> (21 x 14 m).

Seeds were manually sown in multicell containers in greenhouse, on 3 and 5 May, in 2019 and 2020, respectively. The seedling planting was carried out on 6 and 8 June, in 2019 and 2020, respectively, according to the spacing of 210 x 140 cm, with the density of 0.34 plants m<sup>-2</sup>.

The pumpkin crops received 30 g·m<sup>-2</sup> NPK fertilizer (16 N, 16 P, 16 K) at planting, followed by 30-35 g m<sup>-2</sup> Kemira GrowHow fertilizer (12 N, 8 P, 14 K), at the beginning of flowering and at fruit growth phase. Weeds were manually

removed. Harvesting was achieved on 28 September for *C. ficifolia*, 18 September for *C. maxima* and 15 September for *C. moschata*.

The values of mean temperature and rainfall during the crop period are presented in Table 1.

Table 1. Values of mean temperature and rainfall from May to September, 2019 and 2020

Month	2019		2020	
	Temperature (°C)	Rainfall (mm)	Temperature (°C)	Rainfall (mm)
May	16.3	57	11.7	156
June	19.6	64	19.0	159
July	16.8	69	18.7	170
August	16.4	57	17.6	34
September	12.3	29	13.9	65

### 2.2. Sample preparation

After harvesting, pumpkin fruits were cleaned and weighed. Peel, placenta and pulp of one quarter of each of the 5 fruits sampled were separated, weighed and homogenized. Fresh homogenized material was used for nitrate and carotenoids determination. Aliquots of fresh samples were dried at 70°C to constant weight, homogenized to fine power and used for the determination of polyphenols and antioxidant activity.

### 2.3. Dry residue and soluble solids

Dry residue was assessed via drying of samples in an oven at 70 °C until constant weight. Soluble solids (°Brix) were determined at 20°C on the supernatant obtained by centrifuging the raw homogenate, using a digital refractometer by Bellingham and Stanley, model RFM 81.

### 2.4. Sugars

Monosaccharides were determined using ferricyanide colorimetric method, based on the reaction of monosaccharides with potassium ferricyanide [20]. Total sugars were analogically determined after acidic hydrolysis of water extracts with 20% hydrochloric acid. Fructose was used as an external standard.

### 2.5. Elemental composition

Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Sr, V and Zn contents of dries pumpkin pulp and peel powder were assessed using an ICP-MS on quadruple mass-spectrometer Nexion 300D (Perkin Elmer Inc., Shelton, CT 06484, USA) equipped with the 7-port FAST valve and ESI SC DX4 autosampler (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE 68122, USA) in the Biotic Medicine Center (Moscow, Russia). Rhodium 103 Rh was used as an internal standard to eliminate instability during measurements. Quantitation was performed using external standard (Merck IV, multi-element standard solution), potassium iodide for iodine calibration and Perkin-Elmer standard solutions for P, Si and V. All the standard curves were obtained at 5 different concentrations. For quality checking purposes, internal controls and reference materials were tested together with the samples on a daily basis. Microwave digestion of samples was achieved with sub-boiled HNO<sub>3</sub> diluted 1:150 with distilled deionized water (Fluka No. 02650 Sigma-Aldrich, Co., Saint

Louis, MO, USA) in the Berghof SW-4 DAP-40 microwave system (Berghof Products + Instruments GmbH, 72800 Eningen, Germany). The instrument conditions and acquisition parameters were: plasma power and argon flow, 1500 and 18 L min<sup>-1</sup> respectively; aux argon flow, 1.6 L min<sup>-1</sup>; nebulizer argon flow, 0.98 L min<sup>-1</sup>; sample introduction system, ESI ST PFA concentric nebulizer and ESI PFA cyclonic spray chamber (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE 68122, USA); sampler and slimmer cone material, platinum; injector, ESI Quartz 2.0 mm I.D.; sample flow, 637 L min<sup>-1</sup>; internal standard flow, 84 L min<sup>-1</sup>; dwell time and acquisition mode, 10–100 ms and peak hopping for all analytes; sweeps per reading, 1; reading per replicate, 10; replicate number, 3; DRC mode, 0.55 L min<sup>-1</sup> ammonia (294993-Aldrich Sigma-Aldrich, Co., St. Louis, MO 63103, USA) for Ca, K, Na, Fe, Cr, V, optimized individually for RPa and RPq; STD mode, for the rest of analytes at RPa = 0 and RPq = 0.25.

**2.6. Nitrates**

They were assessed using ion selective electrode by ionomer Expert-001 (Econix, Russia). Five grams of fresh homogenates were homogenized with 50 ml of distilled water. Forty-five ml of the resulting extract were mixed with 5 ml of 0.5 M potassium sulfate background solution (necessary for regulating the ionic strength) and analyzed through the ionomer for nitrate determination.

**2.7. Total dissolved solids (TDS)**

TDS were determined in water extracts using portable TDS-3 conductometer (HM Digital, Inc., Seoul, Korea).

**2.8. Antioxidants**

**2.8.1. Polyphenols (TP)**

They were determined in 70% ethanol extract, using Folin-Ciocalteu colorimetric method as previously described [21]. Half gram of dry pumpkin samples powder was extracted with 20 ml of 70% ethanol at 80°C in 1 h. The mixture was cooled, quantitatively transferred to a volumetric flask and the volume was adjusted to 25 ml. The mixture was filtered through filter paper and 1 ml of the resulting solution was transferred to 25 ml volumetric flask, to which 2.5 ml of saturated Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution and 0.25 ml of diluted (1:1) Folin-Ciocalteu reagent were added and the volume was brought to 25 ml with distilled water. One hour later the solutions were analyzed through a spectrophotometer (Unico 2804 UV, USA) and the concentration of polyphenols was calculated according to the absorption of reaction mixture at 730 nm. As an external standard, 0.02% gallic acid was used.

**2.8.2. Antioxidant activity (AOA)**

The antioxidant activity of pumpkin samples was assessed using redox titration method [21], via titration of 0.01 N KMnO<sub>4</sub> solution with ethanolic extracts produced from pumpkin samples as described in 2.8.3. The reduction of KMnO<sub>4</sub> to colorless Mn<sup>+2</sup> in this process reflects the amount of antioxidants dissolvable in 70 % ethanol. The values were expressed in mg gallic acid equivalents (GAE)·100 g<sup>-1</sup> d.w.

**2.8.3. Carotenoids**

Carotenoid content was analyzed using quantitative TLC [21]. About 0.7 g of fresh homogenized pulp/peel samples were grinded in a mortar with acetone (3x2 mL). The resulting extract was mixed with 9 mL of hexane and washed with distilled water until disappearance of acetone odor.

The extract was quantitatively transferred to volumetric flask and the volume was adjusted with hexane to 10 mL. The solution was filtered through a small pad of anhydrous sodium sulfate. Quantitative separation of carotenoids was achieved

on chromatographic paper Whatman 3A in a hexane-acetone (10:0.5) system using 0.5 mL of the extract per one chromatographic plate. Areas of individual carotenoids were cut with scissors and extracted with 3.5 ml of hexane : acetone mixture (3:0.5). The resulting solutions were subjected to spectrophotometer and the amount of individual carotenoids was determined using λ<sub>max</sub> and E1%1cm values for β-carotene, lutein, zeaxanthin and violaxanthin [22].

**2.9. Statistical analysis**

Data were processed by one-way analysis of variance and mean separations were performed through the Duncan multiple range test, with reference to 0.05 probability level, using SPSS software version 21. Data expressed as percentage were subjected to angular transformation before processing.

**3. Results and discussion**

**3.1. Yield and Biometrical parameters**

The yield parameters of *Cucurbita* species investigated indicate that *C. ficifolia* is a late-ripening species with higher yield, fruit number and mean weight compared to *C. maxima* and *C. moschata* (Table 2), as also reported previously [23, 24].

Table 2. Yield and Biometric parameters of *Cucurbita* plants

	<i>C. ficifolia</i>	<i>C. maxima</i>	<i>C. moschata</i>
Number of fruits per plant	4.5±0.2a	2.5±0.5b	3.5±0.5ab
Yield (t ha <sup>-1</sup> )	91±4a	62.5±1.5b	57.5±1.5c
Fruit weight (kg per plant)	16±8a	11±3b	7±1c
Mean fruit weight (kg)	3.8±0.3b	4.9±0.4a	2.5±0.3c

Along each line, values with the same letter do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05.

Indeed, at the end of vegetation period *C. ficifolia* main shoot length varied from 335 to 1000 cm, the leaves number and plant leaves area reached 135-354 and 12.3-17.8 m<sup>2</sup> respectively, while the total length of all shoots per plant varied from 19.4 to 183.1 m and the number of side shoots per plant ranged from 10 to 37.

Significantly lower concentrations of dry matter were also recorded in *C. ficifolia* fruit pulp and peel compared to the same parameters of *C. maxima* and *C. moschata* (Fig. 1).

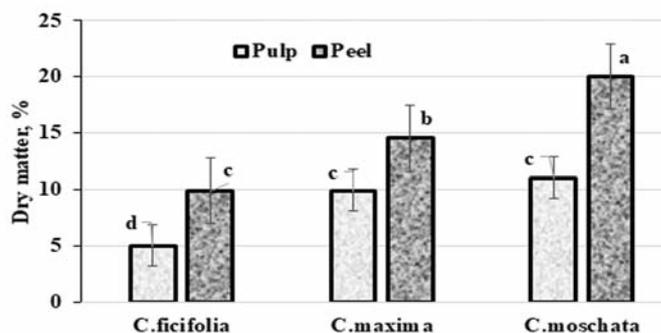


Fig. 1. Dry matter content in *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit

Among other peculiarities of *C. ficifolia*, there is the unusual high level of monosaccharides in fruit peel, not statistically different from the values detected in fruit pulp (Table 3). Table 3 data indicate that the amount of peel monosaccharides decreases according to: *C. ficifolia* > *C. maxima* > *C. moschata*. On the contrary, peel disaccharides content was the highest in *C. moschata* fruit and the lowest in *C. ficifolia*. Consequently, monosaccharide peel/pulp ratio increased according to: *C. ficifolia* < *C. maxima* < *C. moschata* and decreased for disaccharide ratio: *C. ficifolia* > *C. maxima* > *C. moschata*, while pulp total soluble sugar content was rather stable between the species investigated, consistently with the literature reports [1]. The higher levels of disaccharides in *C. moschata* fruit compared to *C. maxima* is in agreement with previous findings [25]. The high monosaccharide accumulation in *C. ficifolia* peel may reflect a protection effect of these compounds as natural osmolytes.

The present results indicate that the revealed differences in mono- and di-saccharide peel/pulp distribution is of great significance, suggesting the peculiarities of pumpkin carbohydrate metabolism and high nutritional value of *C. ficifolia* peel.

## 3.2. Antioxidants

### 3.2.1. Carotenoids

The main antioxidants of *Cucurbita* fruit include carotenoids and polyphenols [1]. The orange or red colored pumpkin fruits of *Cucurbita maxima* L. and *C. moschata* L. are valuable sources of powerful antioxidants, and particularly carotenoids of vegetable pulps or vegetable juices [26]. The importance of antioxidant consumption relates to their health preservation by preventing oxidative damages leading to cancer, premature aging, cataracts, age-related macular degeneration, atherosclerosis, and a series of other degenerative diseases [27]. Depending on the pumpkin species, carotenoids may be either represented by a rather complex mixture, including beta-carotene, lutein, zeaxanthin and violaxanthin, unevenly distributed between pulp, peel, and placenta (Fig. 3a), or contained only in pulp and placenta (Fig. 3b), or absolutely absent in the fruit, as can be recorded in *C. ficifolia*. Notably, *C. maxima* cv Konfetka, a Russian selection, reportedly contains exclusively lutein in pulp [28].

Table 3. Peel/pulp distribution of sugars in *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit

Cucurbita species	Fruit part	Monosaccharides (%)	Disaccharides (%)	Total sugars (%)
<i>C. ficifolia</i>	Pulp	23.7±2.1ab	22.5±2.0b	45.2±4.1b
	Peel	20.0±1.7b	3.3±0.9d	23.3±2.1d
	Pulp/peel ratio	1.185	6.818	1.940
<i>C. maxima</i>	Pulp	26.6±2.2a	22.4±2.0b	49.0±4.2ab
	Peel	17.0±1.1c	8.9±0.8c	25.9±2.1d
	Pulp/peel ratio	1.565	2.517	1.892
<i>C. moschata</i>	Pulp	19.9±1.6bc	38.0±3.1a	57.9±5.2a
	Peel	7.6±0.6d	26.4±2.2b	34.0±3.0c
	Pulp/peel ratio	2.618	1.439	1.70

Within each column, values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at  $p < 0.05$

Pectin accumulation is a valuable characteristic of *Cucurbita* fruit. Among the three *Cucurbita* species investigated, *C. maxima* demonstrated the highest content of pectin, whereas rather similar values of pulp pectin content were recorded in *C. ficifolia* and *C. moschata* fruit (Fig. 2).

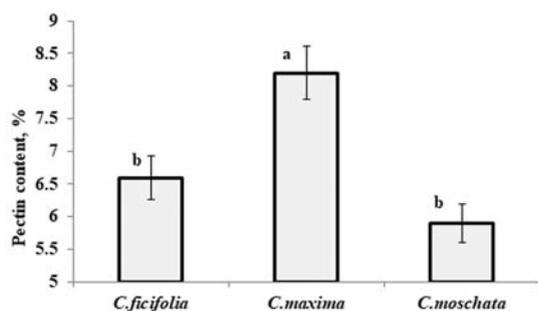


Fig. 2. Differences in pectin content in *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit pulp

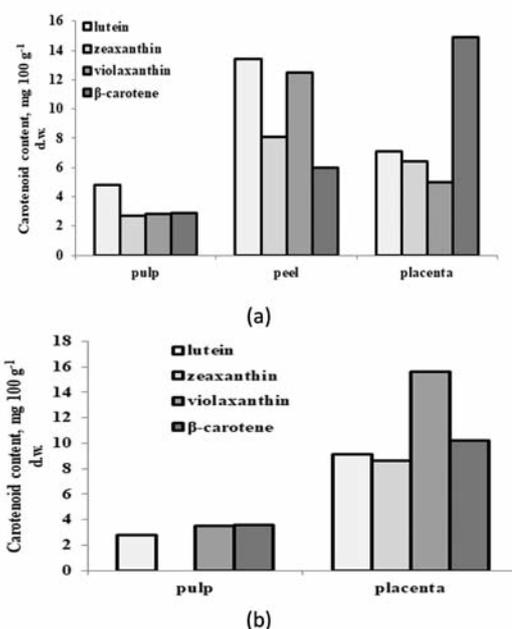


Fig. 3. Carotenoid composition of *Cucurbita maxima* fruit (cv Spasitel'nitsa) (a) and *Cucurbita moschata* (cv Pingvin) (b)

Despite the great variability of carotenoid content in *Cucurbita* fruit and the report that *C. maxima* accumulates predominantly  $\beta$ -carotene and *C. moschata* – lutein [29], the results of the present research suggest that placenta is a richer source of carotenoids compared to pulp and peel.

The importance of these compounds in plant antioxidant defense may be illustrated by the highest levels of carotenoids in pumpkin fruit placenta (Fig. 3).

**3.2.2. Polyphenols (TP) and total antioxidant activity (AOA)**

Phenolic compounds can strengthen the activity of other reducing agents, especially lipid soluble vitamins, and often function as a group of reducing agents. They act via different patterns, for example, enhance the dissimilation of free radicals to compounds of a virtually lower reactivity, by inhibiting or enhancing the activity of enzymes, chelating metals, and ‘scavenging’ free radicals [30].

In this respect, *C. ficifolia* is more dependent on phenolic content for the maintenance of antioxidant defense, because it lacks carotenoids in fruits. Nevertheless, the total antioxidant activity (AOA) and polyphenol concentration was either not significantly different or lower in fruit of *C. ficifolia* compared to *C. moschata* and *C. maxima* (Table 4). On the other hand, taking into account the higher yield and fruit number per plant, the values detected in *C. ficifolia* fruit are valuable. Contrary to *C. maxima* and *C. moschata*, *C. ficifolia* showed its peel AOA exclusively due to TP accumulation, whereas in the other two species polyphenols reached only 61.5-63.0% of peel total antioxidant activity (AOA) (Table 4). The opposite situation was recorded in placenta: while *C. ficifolia* fruits were characterized by relatively small participation of TP in placenta AOA (about 59%), in *C. maxima* and *C. moschata* fruits about 94-96% of placenta AOA relates to polyphenols accumulation (Table 4). In general, lower levels of phenolics were recorded in placenta of *C. ficifolia* compared to those of *C. moschata* and *C. maxima*. Notably, *C. ficifolia* and *C. maxima* demonstrated similar levels of AOA in peel and pulp.

**3.3. Elemental composition**

Taking into account the results of the above-described comparison between *C. ficifolia*, *C. moschata* and *C. maxima*, differing in the amount of carotenoids, an important role of macro- and micro- elements in maintaining *Cucurbita* health may be supposed. Though total dissolved compounds (TDS) in *Cucurbita* fruit prevailed in pulp compared to peel, the differences between TDS peel and pulp values are much smaller in *C. ficifolia* fruit than in that of *C. maxima* and *C. moschata* (Fig. 4).

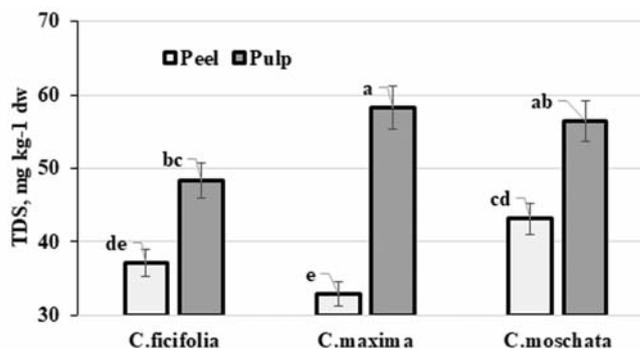


Fig. 4. Total dissolved compounds content in *Cucurbita* fruit

The elemental composition of pumpkin fruit presented in Table 5 and Fig. 5-6 indicates even more interesting peculiarities. Indeed, all the three species accumulated predominantly P, Mg, Al, Cu, V, Fe, Mn and Mo in peel, K, Li, Si and Se in pulp, while Cd was equally distributed between peel and pulp. On the contrary, *C. ficifolia* fruit showed equal peel/pulp content of Ca, Cr, Sr, Ni and Zn, contrary to *C. maxima* and *C. moschata* characterized by significantly higher concentrations of these elements in peel. Furthermore, *C. ficifolia* demonstrated predominant pulp accumulation of B; the distribution of the latter element in peel and pulp of *C. maxima* and *C. moschata* fruit was rather similar. The highest concentrations of I, Si, Sr

Table 4. Total antioxidant activity and phenolics content in pulp, peel, and placenta of *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit

<i>Cucurbita</i> species	Fruit part	AOA (mg GAE g <sup>-1</sup> DW)	TP (mg GAE g <sup>-1</sup> DW)	TP (% in the total AOA)
<i>C. ficifolia</i>	Pulp	17.3±1.2c	11.3±0.9f	65.3
	Peel	16.5±1.1c	15.6±1.0e	94.5
	Placenta	34.1±3.0a	20.0±1.7bc	58.7
<i>C. maxima</i>	Pulp	23.0±2.1b	18.5±1.3cd	80.4
	Peel	26.2±2.1b	16.5±1.1d	63.0
	Placenta	36.2±3.1a	34.8±3.0a	96.1
<i>C. moschata</i>	Pulp	17.5±1.2c	15.7±1.2e	89.7
	Peel	27.5±2.2b	16.9±1.1de	61.5
	Placenta	25.5±2.1b	23.9±2.0b	93.7

Within each column, values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05

and Mn were recorded in *C. ficifolia* pulp. Taking into account the protective role of Si in plants against biotic and abiotic stresses [31, 32], this element may be supposed to play a significant role in *C. ficifolia* integrity.

Furthermore, the mentioned phenomena may become of practical significance for more targeted applications of *C. ficifolia* pulp and peel as sources of Ca, Sr, Cr, Si and I. In this respect, Ca, Si and Sr are valuable for bone health, I contributes to improve human immunity, whereas Cr is closely

connected with the protection of human organism against diabetes [33, 34]. Indeed, the results of high Cr accumulation in *C. ficifolia* is in accordance with the protective effect of *C. ficifolia* fruit against diabetes [35].

Taking into account the high moisture content of *C. ficifolia*, it may be hypothesized the use of the whole fruit of this plant for production of beverages with high nutritional value, which is consistent with the Chinese patent describing *C. ficifolia*/maca wine receipt (CN201510433999.3A).

Table 5. Pulp and peel elemental composition of *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata*

Element	<i>C. ficifolia</i>		<i>C. maxima</i>		<i>C. moschata</i>	
	pulp	peel	pulp	peel	pulp	peel
<b>Macroelements (g kg<sup>-1</sup> dw)</b>						
Ca	5.030b	4.746b	1.801d	6.430a	1.344e	3.369c
K	27.241a	14.888c	28.444a	21.019b	31.387a	17.527bc
Mg	2.473c	4.533b	1.386d	6.247a	1.425d	4.437b
Na	23.25d	59.39ab	63.61a	49.59b	17.9e	38.62c
P	3.305d	5.970b	3.599d	10.257a	4.584c	10.471a
<b>Al, As and heavy metals (mg kg<sup>-1</sup> dw)</b>						
Al	3.27d	4.74c	5.49c	11.18ab	9.4b	12.45a
As	0.008ab	0.006bc	0.01a	0.01a	0.005c	0.01a
Cd	0.04ab	0.03b	0.04ab	0.05a	0.006c	0.008c
Cr	1.49b	1.47b	0.97c	2.38a	0.76c	1.37b
Cu	2.24d	5.49b	3.73c	8.62a	3.85c	7.55a
Ni	0.74b	0.85b	0.66b	1.41a	0.41c	0.79b
Pb	0.23a	0.22a	0.20a	0.15b	0.10c	0.16b
Sr	12.02b	14.06ab	5.35d	16.68a	3.70e	7.26c
V	0.03b	0.01d	0.02c	0.05a	0.03b	0.04ab
<b>Microelements (mg kg<sup>-1</sup> dw)</b>						
B	27.57a	21.49b	22.7ab	25.49a	15.69c	19.39bc
Co	0.07b	0.09ab	0.09ab	0.11a	0.04c	0.07b
Fe	52.39d	70.75bc	63.66cd	95.61a	36.78e	81.84ab
I	0.39a	0.17b	0.17b	0.09c	0.12c	0.1c
Li	0.04d	0.02e	0.23a	0.08bc	0.10b	0.07c
Mn	17.9b	30.29a	4.55c	28.38a	4.03c	34.62a
Mo	0.47e	1.04c	0.83cd	2.67a	0.73d	1.45b
Se	0.03c	0.02d	0.27a	0.02d	0.02d	0.007b
Si	78.1a	12.34e	40.0bc	33.46cd	44.48b	30.52d
Zn	23,64dc	30.6d	58.25b	77.6a	25.24cd	47.91b

Along each line, values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at  $P < 0.05$

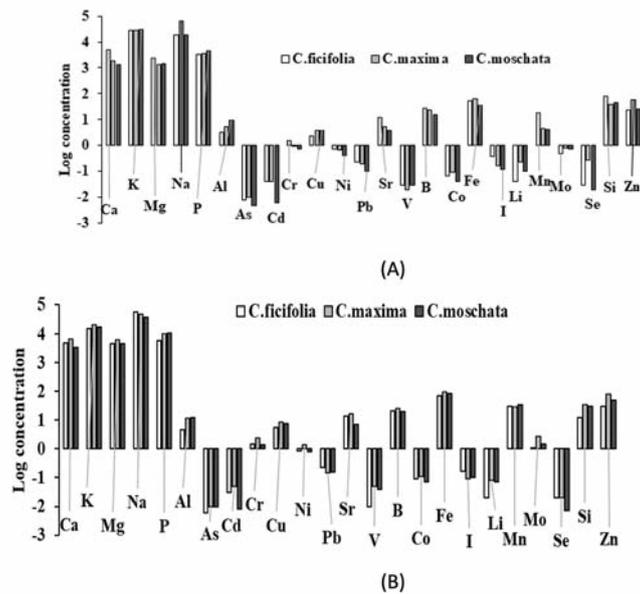


Fig. 5. Elemental profile of Cucurbita fruit: A – pulp; B – peel

The data reported in Table 5 also indicate that *C. maxima* peel is a good source of Ca, K, Mg along with Cr, Cu, Sr, Fe, Mo and Zn. Furthermore, the highest concentrations of Zn were recorded both in peel and pulp of *C. maxima*.

Peel/pulp element distribution in Cucurbita fruit is a valuable characteristic of genetic peculiarities (Fig. 6). Indeed, unusually high Mn peel/pulp ratios are recorded in *C. maxima*

and *C. moschata*, Mo, Sr, Mg, Ca high peel/pulp ratios in *C. maxima*, while Cu peel/pulp ratio is the highest in *C. ficifolia*. Furthermore, the data shown in Fig. 6 indicate that in *C. ficifolia* the peel/pulp element distribution ratio is higher even compared to *C. maxima* and *C. moschata*, which is presumably connected with the significantly lower dry matter content in peel of *C. ficifolia*.

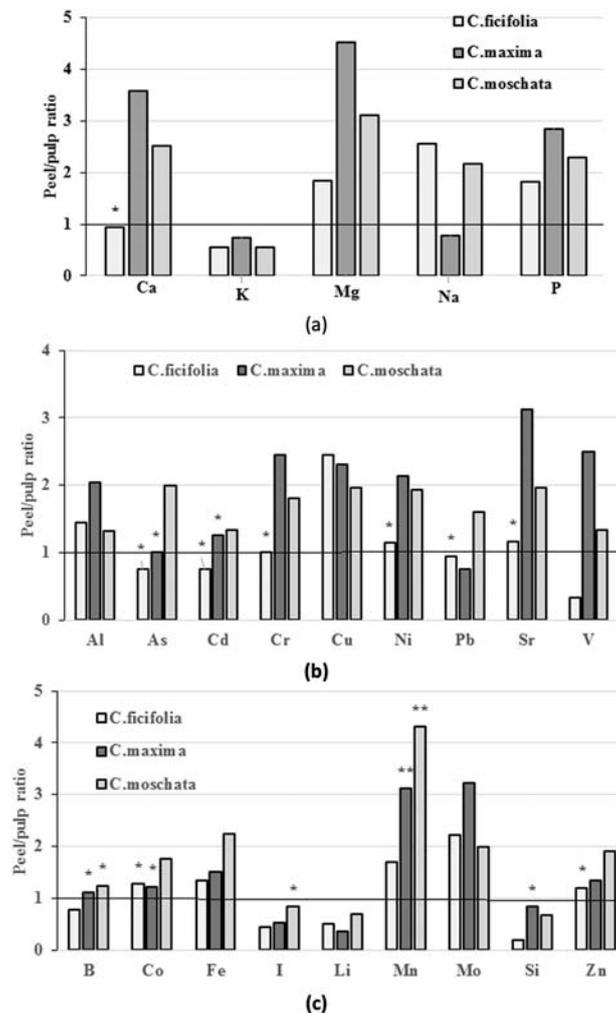


Fig. 6. Peel/pulp distribution of elements in Cucurbita fruit: (a) macro-elements; (b) As, Al and heavy metals; (c) micro-elements. \* no differences between peel and pulp values; \*\* values are decreased twice

Table 6. Relationship between elements in *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruit

	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	B	Co	Fe	I	Li	Mn	Mo	Se	Si
K	-0.565	1																					
Mg	0.817	-0.805	1																				
Na	0.166	-0.487	0.321	1																			
P	0.445	-0.657	0.844	0.162	1																		
Al	-0.024	-0.207	0.451	-0.132	0.835	1																	
As	0.267	-0.182	0.337	0.425	0.460	0.305	1																
Cd	0.630	-0.035	0.292	0.487	-0.095	-0.414	0.439	1															
Cr	0.939	-0.526	0.888	0.250	0.631	0.239	0.451	0.633	1														
Cu	0.449	-0.669	0.867	0.344	0.968	0.786	0.440	0.023	0.660	1													
Ni	0.861	-0.538	0.888	0.418	0.667	0.294	0.536	0.658	0.976	0.735	1												
Pb	0.381	-0.307	0.022	0.423	-0.352	-0.775	0.188	0.545	0.154	-0.342	0.116	1											
Sr	0.974	-0.589	0.802	0.296	0.371	-0.114	0.165	0.676	0.906	0.426	0.851	0.412	1										
V	0.353	0.029	0.467	-0.335	0.675	0.746	0.508	0.062	0.561	0.582	0.533	-0.517	0.195	1									
B	0.732	-0.101	0.300	0.223	-0.068	-0.446	0.486	0.883	0.646	-0.064	0.589	0.692	0.692	0.156	1								
Co	0.668	-0.513	0.656	0.798	0.376	-0.040	0.604	0.811	0.756	0.514	0.849	0.434	0.728	0.118	0.646	1							
Fe	0.654	-0.728	0.881	0.590	0.823	0.456	0.701	0.415	0.807	0.869	0.883	0.119	0.631	0.459	0.373	0.823	1						
I	0.194	0.285	-0.371	-0.314	-0.656	-0.797	-0.123	0.331	-0.079	-0.749	-0.227	0.687	0.146	-0.292	0.608	-0.139	-0.431	1					
Li	-0.613	0.544	-0.526	0.357	-0.287	0.005	0.399	0.133	-0.409	-0.190	-0.243	-0.142	-0.578	-0.076	-0.121	0.0789	-0.114	-0.2258					
Mn	0.706	-0.928	0.881	0.226	0.771	0.337	0.286	0.044	0.674	0.713	0.634	0.223	0.655	0.279	0.226	0.446	0.760	-0.183	-0.669	1			
Mo	0.588	-0.461	0.850	0.329	0.851	0.673	0.502	0.335	0.818	0.917	0.887	-0.313	0.570	0.692	0.190	0.656	0.859	-0.616	-0.097	0.551	1		
Se	-0.472	0.406	-0.527	0.543	-0.467	-0.348	0.379	0.336	-0.375	-0.349	-0.223	0.261	-0.403	-0.363	0.115	0.239	-0.106	0.040	0.912	-0.595	-0.252	1	
Si	-0.016	0.682	-0.486	-0.645	-0.505	-0.359	0.041	0.1767	-0.123	-0.643	-0.258	0.153	-0.145	0.213	0.432	-0.36	-0.493	0.771	0.041	-0.434	-0.435	0.049	1
Zn	0.314	-0.206	0.532	0.571	0.602	0.501	0.782	0.500	0.599	0.705	0.742	-0.162	0.307	0.552	0.283	0.751	0.797	-0.545	0.421	0.226	0.836	0.3048	-0.320

The analysis of the relationship between elements in peel and pulp of Cucurbita fruit (Table 6) revealed significant correlations between Ca, Cr, Ni, Sr and Cu, P, Mo and Fe (Fig. 7). Participation of Fe and Cu in Mo metabolism of eukaryotes [36] reflected in Fe-Mo and Cu-Mo positive correlations.

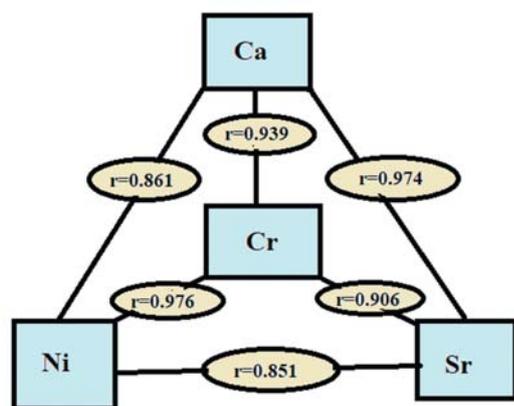


Fig. 7. The most significant relationships between elements in *C. ficifolia*, *C. maxima* and *C. moschata* fruits

4. Conclusion

The results of the present research demonstrate significant correlations between Cr, Ca, Sr and Ni in Cucurbita fruit, uneven element distribution between peel and pulp, reflecting genetic peculiarities of the examined species, and special distribution of polyphenols and carbohydrates between peel, pulp, and placenta with unique genetically determines parameters for each species. Further investigations on other Cucurbita representatives are needed to complete the biochemical and elemental frame of these highly valuable plants. Appropriate studies may be especially valuable with the aim to select new varieties with targeted biochemical and mineral composition and suitable for functional food production.

**Об авторах:**

**Андрей Владимирович Гончаров** – кандидат с.-х. наук, доцент, tikva2008@mail.ru  
**Надежда Александровна Голубкина** – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, автор для переписки, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>  
**Виктор Федорович Пивоваров** – доктор с.-х. наук, академик РАН, научный руководитель, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>  
**Ирина Николаевна Гаспарян** – доктор с.-х. наук, профессор, igasparyan@rgau-msha.ru  
**Джанлука Карузо** – проф., gcaruso@unina.it, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

**About the authors:**

**Andrew V. Goncharov** – Doc. Sci. (Agriculture), tikva2008@mail.ru  
**Nadezhda A. Golubkina** – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of laboratory-analytical department, Correspondence Author, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>  
**Victor F. Pivovarov** – Doc. Sci. (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>  
**Irina N. Gasparian** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, igasparyan@rgau-msha.ru  
**Gianluca Caruso** – Dr. Sci. (Agriculture), gcaruso@unina.it, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

• **References**

- Kostecka-Gugala A., Kruczek M., Ledwozyw-Smolen I., Kaszycki, P. Antioxidants and Health-Beneficial Nutrients in Fruits of Eighteen *Cucurbita* Cultivars: Analysis of Diversity and Dietary Implications. *Molecules*. 2020;25(8):1792. doi: 10.3390/molecules25081792.
- Dar A.H., Sofi S.A., Rafiq S. Pumpkin the functional and therapeutic ingredient: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2017;(2):165–170.
- Muntean E., Muntean N., Duda M.M. *Cucurbita maxima* Duch. as a medicinal plant. *Hop and medicinal plants, Year XXI*. 2013;1-2(41-42):75-80.
- Yadav D., Chauhan P.S., Mishra M., Kwak M. Potential Health Benefits of *Cucurbita ficifolia*: An Updated Review. *Progress in Nutrition and Internal Medicine*. 2020;22(3):e2020002. doi: 10.23751/pn.v22i3.9555
- Marbun N., Sitorus P., Sinaga S.M. Antidiabetic effects of pumpkin (*Cucurbita moschata* durch) flesh and seeds extracts in streptozotocin induced mice. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2018;11(2):91. doi: 10.222159/ajpcr.2018.v11i2.22023
- Salehi B., Sharifi-Rad J., Capanoglu E., Adrar N., Catalkaya G., Shaheen S., Jaffer M., Giri L., Suyal R., Jugran A.K., Calina D., Docea A.O., Kamiloglu S., Kregiel D., Antolak H., Pawlikowska E., Sen S., Acharya K., Bashiry M., Selamoglu Z., Martorell M., Sharopov F., Martins N., Namiesnik J., Cho W.C. *Cucurbita* Plants: From Farm to Industry. *Applied Science*. 2019;(9):3387. doi:10.3390/app9163387
- Salehi B., Capanoglu E., Adrar N., Catalkaya G., Shaheen S., Jaffer M., Giri L., Suyal R., Jugran A.K., Calina D., Docea A.O., Kamiloglu S., Kregiel D., Antolak H., Pawlikowska E., Sen S., Acharya K., Selamoglu Z., Sharifi-Rad J., Martorell M., Rodrigues C.F., Sharopov F., Martins N. & Capasso R. *Cucurbits* Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential. *Molecules*. 2019;(24):1854. doi:10.3390/molecules24101854
- Dubey S.D. Overview on *Cucurbita maxima*. *International Journal of Phytopharmacology*. 2012;2(3):68-71. doi: 10.7439/ijpp.v2i3.492
- Suresh S., Sisodia S.S. Phytochemical and Pharmacological Aspects of *Cucurbita moschata* and *Moringa oleifera*. *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*. 2018;6(6):45-53. doi: 10.20510/UKJPB/6/16/179239
- Quanhong L.I., Caili F., Yukui R. Effects of protein-bound polysaccharide isolated from pumpkin on insulin in diabetic rats. *Plant Food and Human Nutrition*. 2005;(60):13-16. doi:10.1007/s11130-005-2536-x
- Jain A., Mishra M., Yadav D., Khatarke D., Jadaun P., Tiwari A., Prasad G. Evaluation of the antihyperglycemic, antilipidemic and antioxidant potential of *Cucurbita ficifolia* in human type 2 diabetes. *Progress in Nutrition*. 2018;(20):1910198. doi: 10.23751/PN.V2011-C.6654.
- Chinese patent 'Cucurbita ficifolia/maca wine' CN201510433999.3A 2015-07-23.
- Chinese patent 'Method for grafting black-beauty watermelon onto *Cucurbita ficifolia*' CN201510645279.3A; 2015-10-08.
- Iriundo-DeHond M., Miguel E., del Castillo M.D. Food Byproducts as Sustainable Ingredients for Innovative and Healthy Dairy Foods. *Nutrients*. 2018;(10):1348. doi:10.3390/nu10101358
- Staichok A.C.B., Mendonça K.R.B., dos Santos P.G.A., Garcia L.G.C., Damiani C. Pumpkin Peel Flour (*Cucurbita maxima* L.) – Characterization and Technological Applicability. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2016;4(5):327-333. doi:10.12691/jfnr-4-5-9
- Mala K.S., Kurian A.E. Nutritional composition and antioxidant activity of pumpkin wastes. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*. 2016;6(3):336-344.
- Czech, A., Zarycka E., Yanovych D., Zasadna Z., Grzegorzcyk I., Klys S. Mineral Content of the Pulp and Peel of Various Citrus Fruit Cultivars. *Biological Trace Elements Research*. 2020;193(68):55. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01727-1>
- Prasad K.N., Chew L.Y., Khoo H.E., Kong K.W., Azlan A., Ismail A. Antioxidant Capacities of Peel, Pulp, and Seed Fractions of *Canarium odontophyllum* Miq. Fruit. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2010;871379. doi:10.1155/2010/871379.
- Kim M.Y., Kim E.J., Kim Y.-N., Choi C., Lee B.-H. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. *Nutrition Research and Practice*. 2012;(6):21–27. doi: 10.4162/nrp.2012.6.1.21
- Swamy P.M. Laboratory Manual on Biotechnology. 2008. (pp. 617). New Delhi: Rastogi.
- Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants antioxidants and methods of their determination. Moscow. Infra-M press, 2020. (in Russ.)
- Rodriguez-Amaya D.B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington, IL SI press, 2001.
- Goncharov A.V., Zakabunina T.N., Khaustova N.A., Verzilin V.V. Effect of nutritional area on the development and yield of *Cucurbita ficifolia*. *Vestnik of Russian State Agrarian University*. 2020;33(38):22-26. (in Russ.)
- Starich G.A., Goncharov A.V., Pivovarov V.F. A new variety of *Cucurbita ficifolia* «In honor of memory Tarakanov». *Vegetable crops of Russia*. 2016;(1):70-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-70-71>
- Abbas H.M.K., Huang H.-X., Huang W.-J., Xue S.-D., Yan S.-J., Wu T.-Q., Li J.-X., Zhong Y.-J. Evaluation of Metabolites and Antioxidant Activity in Pumpkin Species. *Natural Product Communications*. 2020;15(4):1–11. doi: 10.1177/1934578X20920983
- Kulczyński B., Gramza-Michałowska A. The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. *Molecules*. 2019;24(18):3212. doi: 10.3390/molecules24183212
- García-Sánchez A., Miranda-Díaz A.G., Cardona-Muñoz E.G. The Role of Oxidative Stress in Physiopathology and Pharmacological Treatment with Pro- and Antioxidant Properties in Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020; 2082145. <https://doi.org/10.1155/2020/2082145>
- Golubkina N.A., Khimich G.A., Antoshkina M.S., Plotnikova U.D., Nadezhkin S.M., Korotseva I.B. Peculiarities of pumpkin carotenoid composition 'Konfetka' variety, prospects of utilization. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):111-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-111-116>
- Azevedo-Meleiro C.H., Rodriguez-Amaya D.B. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2007;(55):4027–4033. <https://doi.org/10.1021/jf063413d>
- Olszowy M. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019;(144):135-143. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.039>
- Zargar S., Mahajan R., Bhat J.A., Nazir M., Deshmukh R. Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. *Biotechnology*. 2019;9(3):72. doi: 10.1007/s13205-019-1613-z
- Farooq M.A., Dietz K.-J. Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood Frontiers in Plant Science. 2015;(6):994. doi: 10.3389/fpls.2015.00994
- Cefalu W.T., Hu F.B. Role of Chromium in Human Health and in Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27(11):2741–2751. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.11.2741>
- Lewicki S., Zdanowski R., Krzyżowska M., Lewicka A., Dębski B., Niemcewicz M., Goniewicz M. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2014;21(2):331-335. doi: 10.5604/1232-1966.1108599
- Acosta-Patiño J.L., Jiménez-Balderas E., Juárez-Oropeza M.A., Díaz-Zagoya J.C. Hypoglycemic action of *Cucurbita ficifolia* on Type 2 diabetic patients with moderately high blood glucose levels. *Journal of Ethnopharmacology*. 2001;(77):99–101. doi: 10.1016/s0378-8741(01)00272-0
- Mendel R.R., Kruse T. Cell biology of molybdenum in plants and humans. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research*. 2012;1823(9):1568-1579. doi: 10.1016/j.bbamcr.2012.02.007

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-55-59>  
УДК 635.611:631.541:631.559(575.1)

Р.Ф. Мавлянова\*, Е.Е. Лян

Институт овоще-бахчевых культур и картофеля  
111106, Узбекистан, Ташкентская область,  
Ташкентский район, пос. Кок Сарой

\*Автор для переписки: [mravza@yandex.ru](mailto:mravza@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:** Мавлянова Р.Ф., Лян Е.Е. Повышение урожайности дыни в теплице при вегетативной прививке на подвой кабачка. *Овощи России*. 2022;(4):55-59.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-55-59>

**Поступила в редакцию:** 01.07.2022

**Принята к печати:** 11.07.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Ravza F. Mavlyanova\*, Ekaterina E. Lyan

Institute of Vegetable, Melon Crops and Potato Box. Kok Saroy, Tashkent region, Tashkent district, 111106, Uzbekistan

\*Corresponding author: [mravza@yandex.ru](mailto:mravza@yandex.ru)

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

**Author contributions:** 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:** Mavlyanova R.F., Lyan E.E. Increasing the yield of melon in a greenhouse at vegetative grafting on vegetable marrow rootstocks. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):55-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-55-59>

**Received:** 01.07.2022

**Accepted for publication:** 11.07.2022

**Published:** 20.07.2022

## Повышение урожайности дыни в теплице при вегетативной прививке на подвой кабачка



### Резюме

В Узбекистане имеется спрос населения на свежую продукцию дыни во внесезонный период. В НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля при выращивании в условиях теплицы впервые проведены исследования по вегетативной прививке дыни сорта Зархал на сорта кабачка, используемые в качестве подвоев.

**Целью** исследований являлось изучение влияния подвоев кабачка на изменчивость хозяйственно ценных признаков дыни сорта Зархал и выделение перспективных комбинаций подвоев кабачка, обеспечивающих повышение урожайности и качества плодов дыни.

**Методы.** Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями Всемирного Центра Овощеводства. В качестве контроля использовали непривитые растения сорта дыни Зархал. Для сравнения с контролем, растения сорта Зархал прививали на свои же растения. Также растения сорта дыни Зархал (привой) прививали в комбинациях на 10 сортов кабачка, которые служили подвоями. Вегетативную прививку дыни на подвой кабачка проводили «в расщеп» в фазе первого настоящего листа при достижении диаметра стебля 4,1-4,3 мм и высоты растения 4,4-5,9 см.

**Результаты.** Установлены различия между вариантами по продолжительности вегетационного периода. Прививка сорта дыни Зархал на сорта кабачка Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка оказала влияние на сроки цветения мужскими и женскими цветками и начало плодобразования, которое наблюдалось на 2 дня раньше, по сравнению с контролем. В этих же комбинациях созревание плодов наблюдалось на 81-82 день, что на 4-5 дней раньше контроля (86 дней). Также у них были самые высокорослые растения (203-205 см). Товарная урожайность между вариантами опыта варьировала от 7,89 до 9,75 кг/м<sup>2</sup>. Сорт дыни Зархал, привитый на свои же растения, по всем фазам развития и урожайности отставал от контроля. Ранняя урожайность по вариантам опыта варьировала от 3,95 до 5,75 кг/м<sup>2</sup> и составляла 53-59% от общей урожайности. Средняя масса плода варьировала от 785 до 810 г.

**Ключевые слова:** дыня, кабачок, привой, подвой, вегетативная прививка, вегетационный период, урожайность

## Increasing the yield of melon in a greenhouse at vegetative grafting on vegetable marrow rootstocks

### Abstract

In Uzbekistan, there is a demand of the population for fresh melon fruits during the off-season. In the Research Institute of Vegetable, Melon Crops and Potato for the first time studies were carried out, when grown in a greenhouse, on the vegetative grafting of melon's Zarkhal variety on the vegetable marrow varieties used as rootstocks. The aim of the research was to study the effect of vegetable marrow rootstocks on the variability of economically valuable traits of the Zarkhal melon variety and to identify promising combinations of vegetable marrow rootstocks that increase the yield and quality of melon fruits.

**Methods/** The studies were carried out in accordance with the guidelines of the World Vegetable Center. As a control, ungrafted plants of the Zarkhal melon variety were used. For comparison with the control, plants of this variety were grafted onto their own plants. Also, plants of the melon variety Zarkhal (scion) were grafted in combinations on 10 varieties of vegetable marrow, which served as rootstocks. Vegetative grafting of melon on vegetable marrow rootstocks was carried out "in a split" in the phase of the first true leaf when the stem diameter reached 4.1–4.3 mm and plant height 4.4–5.9 cm.

**Results.** In comparison with the control, in combinations of grafting the Zarkhal melon variety onto the Grecheskiye 110, Unumdor, Delicates and Skvorushka varieties of vegetable marrow, the flowering of paternal and female flowers, the onset of fruit formation was observed 2 days earlier. In the same combinations, fruit ripening was observed on 81-82 days, which is 4-5 days earlier than the control (86 days). They also had the tallest plants (203-205 cm), the plants formed 2-4 leaves more than the others. Marketable yields between combinations ranged from 7.89 to 9.75 kg/m<sup>2</sup>. The melon variety Zarkhal, grafted onto its own plants, lagged behind the control in all phases of development and yield. The early yield in combinations was from 3.95 to 5.75 kg/m<sup>2</sup> and amounted to 53-59% of the yield. The average fruit weight varied from 785 to 810 g.

**Keywords:** melon, vegetable marrow, scion, rootstock, vegetative grafting, phenological phases, yield

**Введение**

Вегетативная прививка, как эффективная практика для повышения устойчивости овощных культур к биотическим и абиотическим стрессам, широко используется во многих странах мира и позволяет расширить коммерческое производство овощей [1, 2]. Исследования по вегетативной прививке проводятся не только в сельскохозяйственной отрасли, но получают все большее развитие в биологии, медицине, химии. Это связано с улучшением сортов, большим распространением прививки, включением привитых растений в различные системы выращивания и повышением продуктивности привитых растений, что делает этот метод фундаментальной опорой для обеспечения успеха при субоптимальных условиях производства [3, 4]. Прививка может повлиять на созревание, урожайность и содержание питательных веществ плодов, состав ароматических соединений и другие важные хозяйственные признаки. Поэтому рекомендуется комплексно исследовать эффекты прививки [5, 6].

Обзор публикаций свидетельствует о расширении научных исследований по вегетативной прививке овощных культур с целью познания природы взаимодействия подвоя и привоя и изменений развития, урожайности и качества плодов привитых растений, механизма засухоустойчивости и солеустойчивости привитых растений на морфофизиологическом, биохимическом и молекулярном уровнях [7, 8, 9].

Многие аспекты, связанные с взаимодействием подвоя и привоя, их несовместимости, плохо изучены, что может привести к снижению урожайности и потере качества плодов. Поэтому, чтобы избежать потерь, подвоя и привоя следует выбирать с осторожностью [10].

Дыня сорта Савади, привитая на шести подвоях бахчевых, дала высокие показатели прививки (в среднем 98,6%) [11]. Исследования показали, что дыня, привитая к восьми видам *Cucurbitaceae* (огурец, тыква, дыня, люффа, восковая тыква, бутылочная тыква, горькая тыква и арбуз) показала различную степень совместимости прививки. Дыня, привитая на подвоях огурца и тыквы, имела наилучшие показатели привоя на 42-й день после прививки [12].

В зависимости от культуры, особенностей стебля привоя и подвоя используются различные способы вегетативной прививки, обеспечивающие успешное срастание стеблей [13, 14, 15]. Вегетативная прививка оказывает положительное воздействие на ускорение фенологических фаз развития на 15-30 суток и продуктивность [16]. При прививке сорта мускатной дыни Samsoori, привитой на подвое тыквы Асе (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*), увеличивались длина стебля и число листьев, количество плодов на растении и содержание сухого вещества в них, а общая урожайность повышалась на 23,5% [17].

При прививке сорта дыни Halona на подвое Carnivor и NH1320, полученные в результате гибридизации *Cucurbita maxima* × *C. moschata*, наблюдались различия в сравнении с непривитыми растениями. Привитые растения отличались лучшим развитием и не проявляли симптомы фузариозного увядания, наблюдаемые у непривитых растений. С привитых растений получен урожай на подвое Carnivor – на 57% и NH1320 – на 44% больше, а средняя масса плодов – на 33-71% больше, чем у непривитых растений [18].

Исследования показали, что прививка иногда приводит к снижению качества плодов. Так, при прививке сорта

дыни Balengcui на подвое *Cucurbita maxima* Duch. на привитых растениях образуются горькие плоды [19].

Установлено, что *Cucumis pustulatus* является подходящим подвоем для сортов огурца, дыни и арбуза и обеспечивает одновременно устойчивость к галловой нематоды и фузариозу фузариозному увяданию [20].

При изучении дыни, привитой на устойчивый подвой BGV11135 (*Cucumis metuliferus*), по устойчивости к *Meloidogyne incognita* установлено, что концентрация натрия в плодах дыни у непривитых растений увеличивалась с увеличением плотности численности нематоды. В плодах привитой дыни было зарегистрировано меньшее содержание сухого вещества и растворимых веществ при самой высокой плотности нематоды [21]. Общее содержание сахара в дыне, привитой на устойчивый к фузариозу подвой Mingkehong 1 было выше, чем у непривитой дыни [22].

Проведены исследования по изучению влияния стресса на привитые растения канталупы при недостатке влаги [23]. При прививке растений дыни канталупы на подвое креольской тыквы при недостатке влаги антиоксидантная активность снижалась, а содержание витамина С увеличивалось [24]. Были проведены исследования, посвященные изучению устойчивости к солевому стрессу и механизма устойчивости девяти стародавних сортов дыни из Синьцзяна, Китай [25]. Установлено, что при прививке дыни SCP-1 на солеустойчивый подвой дыни TLR-1 значительно уменьшалось повреждающее воздействие, вызванное солевым стрессом, за счет снижения поглощения Na и Cl, что увеличило поглощение Ca и K. Результаты показали, что прививка восприимчивых к соли растений на солеустойчивый подвой улучшала рост растений [26].

Обзор литературы свидетельствует о перспективности вегетативной прививки дыни на подвое *Cucurbitaceae*. Расширение ассортимента овощей в защищенном грунте во внесезонный период открывает возможности для обеспечения населения свежей продукцией, повышения рентабельности производства и доходов производителей. В последние годы возрастает спрос населения на раннюю продукцию бахчевых культур не только с открытого грунта, но и во внесезонный период. Климатические условия Узбекистана позволяют выращивать овощи в необогреваемых пленочных теплицах в зимне-весенний период. Повышение урожайности и качества овощей при выращивании в защищенном грунте с применением современных технологий является актуальным направлением. Одним из эффективных методов является вегетативная прививка.

В Узбекистане дыня традиционно выращивается в открытом грунте в летний период. Имеется спрос населения на её свежую продукцию во внесезонный период. Однако ранее исследования по выращиванию местных сортов дыни не проводились.

В НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля был создан скороспелый, с хорошими вкусовыми качествами сорт дыни Зархал, предназначенный для выращивания в теплице. Нами был впервые применен метод вегетативной прививки этого сорта дыни на различные сорта кабачка. Цель исследований – изучение хозяйственно ценных признаков растений дыни сорта Зархал, привитых на 10 подвоев кабачка и выделение перспективных подвоев.

**Материалы и методы**

Выращивание дыни проводили в теплицах при зимне-весеннем обороте. Исследовали влияние вегетативной при-

вивки растений дыни (*Cucumis melo* L.), используемой в качестве привоя на кабачок (*Cucurbita pepo* var. *giromontina*), используемый в качестве подвоя. Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями [27, 28]. Статистическую обработку полученных данных проводили по Доспехову Б.А. [29].

В качестве контроля использовали непривитые растения сорта дыни Зархал. Для сравнения с контролем, растения этого же сорта прививали на свои же растения. Также растения сорта дыни Зархал (привой) прививали в комбинациях на 10 сортообразцов кабачка, которые служили подвоями: Греческие 110, Гайрат и Унумдор из Узбекистана; а также выращиваемые в России сорта Деликатес, Черный красавец, Скворушка, Фараон, Маркиза, Тинторетто и Ерема.

Для выращивания рассады посев семян сорта дыни Зархал и 10 сортов кабачка проводили в кассеты 20 декабря. Соблюдалась агротехника, общепринятая при выращивании рассады в теплице.

При появлении у дыни первого настоящего листа проводили вегетативную прививку. Использовали способ прививки «в расщеп». После прививки рассаду помещали в специальную темную камеру, где поддерживалась температура воздуха +28...30°C и влажность воздуха 85-90%. Через 4 дня, после срастания стебля, для привитой рассады создавали условия для её адаптации к свету, постепенно снижая температуру и влажность воздуха и увеличивая освещенность. Привитую рассаду дыни высаживали в теплице 1 февраля в фазе двух настоящих листьев, следя за тем, чтобы место прививки на стебле располагалось над поверхностью почвы.

Опыты закладывали в 4х-кратной повторности по 10 растений в каждой повторности.

Исследования показали, что в фазе первого настоящего листа все сорта кабачка формируют достаточный диаметр стебля (4,1-4,3 мм) и высоту растения (4,4-5,9 см) для проведения вегетативной прививки. Выращенная привитая рассада имеет развитую корневую систему и хорошо растёт при посадке на постоянное место в теплице.

Растения формировали в один стебель, подвязывая их на шпалерах. В период плодообразования регулировали нагрузку на каждом растении оставляя по 2 плода.

В вегетационный период проводили фенологические наблюдения, описание морфологических признаков и учет урожая в соответствии с методическими указаниями.

### Результаты и их обсуждение

**Вегетационный период.** Исследования показали, что в зависимости от комбинаций подвоя привитые растения имеют различия по наступлению фенологических фаз развития.

В сравнении с контролем в комбинациях прививки сорта дыни Зархал на сорта кабачка Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка цветение мужских цветков наблюдалось на 2 дня раньше. Аналогично, цветение женских цветков происходило на 2 дня раньше, и начало плодообразования также наступало на 1-2 дня раньше. Более существенные различия наблюдались по срокам созревания плодов.

Плоды у контроля созревали за 86 дней после массовых всходов. В комбинациях сорта дыни Зархал с подвоями кабачка сортов Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка созревание плодов наблюдалось на 81-82 день, что на 4-5 дней раньше контроля. На 2 дня раньше контроля плоды сорта Зархал созрели в комбинациях с подвоями кабачка Гайрат, Фараон и Маркиза.

В сравнении с контролем на подвоях Черный красавец и Тинторетто плоды созревали на 4 дня позже. Следует отметить, что сорт дыни Зархал, привитый на свои же растения, по всем фазам развития отставал на 2 дня, а созревание его плодов было самым поздним (на 4 дня) в сравнении с контролем и составило 90 дней.

**Морфологические признаки.** Привитую рассаду дыни высаживали на постоянное место в теплице с учетом того, чтобы место прививки располагалось над поверхностью почвы (рис.1).



Рис.1. Вегетативная прививка дыни на кабачок  
Fig.1. Vegetative grafting of melon on vegetable marrow

Высота непривитых растений сорта дыни Зархал составила 188 см. Высота привитых растений в зависимости от подвоя изменялась от 189 до 205 см. Количество ветвей боковых побегов составило 5 шт. и по комбинациям не изменялось, а высота стебля в комбинациях увеличивалась за счет увеличения длины междоузлий. Наиболее высокорослые растения были на подвоях сортов кабачка Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка (203-205 см). По сравнению с контролем и другими вариантами подвоев на растениях образовалось на 2-4 листа больше.

**Устойчивость к болезням.** В вегетационный период не наблюдалось поражения растений дыни болезнями.

**Урожайность.** Общая урожайность контрольного сорта дыни Зархал составила 7,9 кг/м<sup>2</sup>, средняя масса плода – 790 г. В сравнении с непривитым контролем, привитые на свои же растения сорта Зархал показали самую низкую общую урожайность по опыту (7,18 кг/м<sup>2</sup>), товарность 93% и среднюю массу плода 770 г.

Следует отметить, что сорт дыни Зархал, привитый на подвой кабачка, во всех вариантах опыта отличался более высокой урожайностью плодов (рис. 2). Для производства в условиях теплицы важное значение имеет динамика накопления урожая и отдача раннего урожая до 1 июня. Созревание плодов в теплице по вариантам опыта было не одновременным.



Рис. 2. Сорт дыни Зархал, привитый на подвое кабачка  
Fig. 2. Variety of melon Zarkhal, grafted onto the rootstock of vegetable marrow

Товарная урожайность контроля – сорта дыни Зархал составила 7,51 кг/м<sup>2</sup>. Отдача товарного урожая с интервалом 15 дней различалась и в среднем составила в периоды с 15 по 30 апреля 0,80 кг/м<sup>2</sup>, 1-15 мая – 1,50, 16-31 мая – 1,90, 1-15 июня – 1,60, 16-30 июня – 1,06 и 1-15 июля – 0,40 кг/м<sup>2</sup>. Анализ этих показателей свидетельствует о том, что непривитый сорт Зархал даёт 56% раннего урожая плодов за период с 15 апреля до 1 июня. Урожайность вначале невысокая и постепенно увеличивается, достигая максимума со второй половины апреля до конца мая, а затем постепенно снижается. У привитого на свои же растения сорта Зархал товарная, в том числе ранняя урожайность была ниже, плоды созревали позже и пик отдачи урожая сдвигался на первую половину июня (рис. 3).

Исследования показали, что не все комбинации дыни на подвоях кабачка имеют высокие показатели по товарной урожайности и ранней отдаче урожая (табл.). Товарная урожайность между вариантами с различными подвоями варьировала от 7,89 до 9,75 кг/м<sup>2</sup>. Отдача ран-

Таблица. Показатели сорта дыни Зархал, привитой на различные подвои кабачка  
Table. Indicators of the Zarkhal melon variety grafted onto various vegetable marrow rootstocks

Комбинация дыня/кабачок Combination melon/vegetable marrow	Товарная урожайность, кг/м <sup>2</sup> Marketable yield, kg/m <sup>2</sup>	Ранняя урожайность, до 1 июня, кг/м <sup>2</sup> Early yield before June 1, kg/m <sup>2</sup>	Ранняя товарная урожайность, % Early marketable yield, %	Товарная урожайность к контролю, % Marketable yield to control, %	Средняя масса плода, г Average fruit weight, g	Растворимые сухие вещества, % Soluble solids, %
Зархал – контроль, непривитый	7,51	4,20	56	100	790	11,5
Зархал / Зархал	6,61	3,30	50	88	770	11,0
Зархал / Греческие 110	9,29	5,48	59	124	805	11,9
Зархал / Гайрат	8,19	4,26	52	109	795	11,5
Зархал / Унумдор	9,75	5,75	59	130	800	11,8
Зархал / Деликатес	9,68	5,61	58	129	805	11,8
Зархал / Черный красавец	8,03	4,26	53	107	792	11,6
Зархал / Скворушка	9,45	5,58	59	125	810	11,9
Зархал / Фараон	8,26	4,38	53	110	785	11,6
Зархал / Маркиза	8,19	4,26	52	109	795	11,5
Зархал / Тинторетто	7,89	3,95	50	105	790	11,4
Зархал / Ерема	8,26	4,38	53	110	787	11,5
X	8,43	4,62			783,67	11,58
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,03			6,3	0,01



Рис. 3. Выращивание дыни в теплице на гидропонике  
Fig. 3. Growing melons in a hydroponic greenhouse

него урожая была от 3,95 до 5,75 кг/м<sup>2</sup>, что составило 53-59% от товарного урожая. Средняя масса плода варьировала от 785 до 810 г.

Среди вариантов прививки сорта дыни Зархал на подвои кабачка отличились комбинации прививки, в которых в качестве подвоев использовали сорта кабачка Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка. Их товарная урожайность составила 9,29-9,75 кг/м<sup>2</sup>, ранняя урожайность – 5,48-5,75 кг/м<sup>2</sup> (58-59% от товарного урожая). Превышение их товарной урожайности над контролем – не привитым сортом Зархал составило 24-30%. Они также характеризовались наибольшей (800-810 г) массой плода среди других вариантов.

Содержание растворимых сухих веществ у непривитого контрольного сорта Зархал составило 11,5%. В варианте прививки на свои же растения показатель составлял 11,0%, а в других вариантах опыта варьировал незначительно (11,4-11,9%). Следует отметить, что в выделившихся по урожайности вариантах содержание растворимых сухих веществ было несколько повышенным (11,8-11,9%).

**Заклучение**

На основании изучения растений дыни сорта Зархал, привитых на сорта кабачка, можно сделать вывод, что вегетативная прививка влияет на сроки цветения мужских и женских цветков, начало образования плодов и их созревание, урожайность, среднюю массу плодов и содержание растворимых сухих веществ.

У растений сорта Зархал, привитых на свои же растения, наступление практически всех фенологических фаз наблюдалось на 2-3 дня позже в сравнении с не привитым

контролем и различными вариантами подвоев кабачка, а также наименьшая урожайность в целом по опыту.

В сравнении с непривитым контролем по комплексу хозяйственно ценных признаков (скороспелость на 4-5 дней раньше, ранняя отдача урожая до 1 июня – 58-59%, повышенная на 24-30% урожайность (9,29-9,75 кг/м<sup>2</sup>), масса плодов 800-810 г, содержание растворимых сухих веществ 11,8-11,9%), были выделены комбинации прививки дыни Зархал на кабачок сортов: Греческие 110, Унумдор, Деликатес и Скворушка.

**Об авторах:**

**Равза Фазлетдиновна Мавлянова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лаб. Генбанка, автор для переписки, mravza@yandex.ru

**Екатерина Евгеньевна Лян** – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией защищенного грунта, uzrivmcp@mail.ru

**About the authors:**

**Ravza F. Mavlyanova** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the laboratory of the Genbank, Correspondence Author, mravza@yandex.ru

**Ekatereina E. Lyan** – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the laboratory of protected ground, uzrivmcp@mail.ru

**• Литература / References**

- Bie Z., Azher Nawa M., Huang Y., Lee J. M., and Colla G. Introduction to vegetable grafting in vegetable grafting: principles and practices. Eds G. Colla, F. Pérez-Alfocea, and D. Schwarz (UK: CAB International Oxfordshire). 2017. P.216-244.
- Kyriacou M.C., Roupael Y., Colla G., Zrenner R. and Schwarz D. Vegetable grafting: The implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. *Front. Plant Sci.* 2017;(80:740. DOI: 10.3389/fpls.2017.00741
- Luis J. Belmonte-Ureña, Jose A. Garrido-Cardenas, and Francisco Camacho-Ferre. Analysis of world research on grafting in horticultural plants. *J. HortScience.* 2019;55(1). Online Publication Date: 16 Dec, 2019. Page Count: 9. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14533-19>
- An S., Bae J.H., Kim H.Ch., and Kwack Y. Production of grafted vegetable seedlings in the Republic of Korea: achievements, challenges and perspectives. *Horticultural Science and Technology.* 2021;39(5):547-559. URL: <http://www.hst-j.org>
- Nemeth D., Balazs G., Bodor Z., Zaukuu J.-L.Z., Kovacs Z. and Kappel N. Food quality attributes of melon (*Cucumis melo* L.) influenced by grafting. *Progress in Agricultural Engineering Sciences.* 2020;16(1):53–66. DOI: 10.1556/446.2020.10006
- Pico B., Thompson A.J., Gisbert C., Yetisir H., and Bebeli P. Genetic resources for rootstock breeding. In book: Vegetable grafting: principles and practices Chapter 2: 22-69. Publisher: CAB International. Editors: G. Colla, F. Pérez-Alfocea; D. Schwarz. January 2017. DOI:10.1079/9781780648972.0022
- Kumar P., Roupael Y., Cardarelli M., and Colla G. Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. *Front. Plant Sci.* 2017;(8):1130. DOI: 10.3389/fpls.2017.01130
- Xu C, Zhang Y, Zhao M, Liu Y, Xu X, Li T. Transcriptomic analysis of melon/squash graft junction reveals molecular mechanisms potentially underlying the graft union development. *Peer J* 2021;(9):e12569 <https://doi.org/10.7717/peerj.12569>
- Leonardi C. Kyriacou M.C., Gisbert C., Oztekin G.B., Mourão I., and Roupael Y. Quality of grafted vegetables. CAB International. Vegetable Grafting: Principles and Practices (G. Colla, F. Pérez-Alfocea and D. Schwarz). 2017. P.216-244.
- Gaion L.A., Braz L.T. and Carvalho R.F. Grafting in vegetable crops: A great technique for agriculture. *Intl. J. Veg. Sci.* 2018;24(1):85-102. DOI: 10.1080/19315260.2017.1357062
- Al-Mawaali Q., Al-Sadi A.M., Al-Said F.A., Rahman M.S., Al-Zakwani I., Ali A., Al-Yahyai M., and Deadman M.L. Effect of grafting on resistance to vine decline disease, yield and fruit quality in muskmelon cv. Sawadi. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS].* 2019;(23):2–10. <https://journals.squ.edu.om/index.php/jams/article/view/2580>
- Xiong M., Liu C., Guo L., Wang J., Wu X., Li L., Bie Z., and Huang Y. Compatibility evaluation and anatomical observation of melon grafted onto eight *Cucurbitaceae* species. *Front Plant Sci.* 2021;(12):762-889. Published online 2021 Oct 20. doi: 10.3389/fpls.2021.762889
- Guan W. and Zhao X. Techniques for melon grafting. *Acta Hort.* 2016;(1140):335-336. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1140.74 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1140.74>
- Vegetable Grafting: Methods, Uses and Opportunities for Nepal: A

Review. *Agricultural Reviews.* 2021;(2):284-29.

15. Miles C., Devi P., Zhao X., Guan W. Watermelon and melon grafting. Grafting Manual: How to produce grafted vegetable plants. November 2017; p.1-10.

16. [www.moy-dom.info/garden/garden-7.htm](http://www.moy-dom.info/garden/garden-7.htm)

17. Mohammadi H., Salehi R., Esmaeili M. Yield and fruit quality of grafted and non-grafted muskmelon (*Cucumis melo* L.) affected by planting density. *J. Acta Horticulturae.* 2015;(1086):247-254.

18. Janel L. Ohletz1, Loy J.B. Grafting melons increases yield, extends the harvest season, and prevents sudden wilt in New England. *HortTechnology.* February 2021;31(1):14. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04669-20>

19. Zhang S., Nie L., Zhao W., Cui Q., Wang J., Duan Y., et al. Metabolomic analysis of the occurrence of bitter fruits on grafted oriental melon plants. *PLoS ONE.* 2019;14(10):e0223707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223707>

20. Liu B., Ren J., Zhang Y., An J., Chen M., et al. A new grafted rootstock against root-knot nematode for cucumber, melon, and watermelon. *Agronomy for sustainable Development. Springer Verlag/EDP Sciences//NRA.* 2015;35(1):251-259. DOI.10.1007/s13593-014-0234-5. hal-01284257

21. Expósito A., Pujolà M., Achaerandio I., Giné A., Escudero N., Fullana A.M., Cunquero M., Loza-Alvarez P. and Sorribas F.J. Tomato and melon Meloidogyne resistant rootstocks improve crop yield but melon fruit quality is influenced by the cropping season. *Front. Plant Sci.* 2020;(11):560-024. doi: 10.3389/fpls.2020.560024

22. Wang H., Mao J., Li J., Zhai W. Effects of different rootstock grafting on the growth, yield and fruit quality of muskmelon. *J. Xinjiang Agricultural Sciences.* 2021;58(6):1048-1054. [www.vegetablegrafting.org](http://www.vegetablegrafting.org)

23. Ezzo M.I., Mohamed A.S., Glala A.A. and Saleh S.A. Utilization of grafting technique for sustaining cantaloupe productivity and quality under deficit irrigation water. *Bul. Natl. Res. Ctr.* 2020;(44):1-23. DOI: 10.1186/s42269-020-0283-7

24. Villegas-Olguín M.A., Cabrera De la Fuente M., Benavides-Mendoza A., Juárez-Maldonado A., Sandoval Rangel A., Fernandez Cuasimamani E. Commercial and nutraceutical quality of grafted melon cultivated under different water tension. *Hort. Sci. (Prague).* 2020;(47):139–149.

25. Xiong M., Zhang X., Shabala S., Shabala L., Chen Y., Xiang C., et al. Evaluation of salt tolerance and contributing ionic mechanism in nine Hami melon landraces in Xinjiang, China. *Scientia Horticulturae.* 2018;(237):277–286.

26. Kuşvuran Ş., Kaya E., Ellialtıoğlu Ş, Ş. Role of grafting in tolerance to salt stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: ion regulation and antioxidant defense systems. *Biotech Studies.* 2021;30(1):22-32. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.932376>

27. Black L., Wu D.L., Wang J.F., Kalb T., Abbass D., Chen J. H. Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. AVRDC International Cooperators'Guide. 2003. P.1-6.

28. Mavlyanova R.F., Yunusov S.A., Karimov B.A. A vegetative grafting of vegetable crops. A Guide. Tashkent. Uzbekistan. 2018. 24 p. (In Uzbek).

29. Dospikhov B. The Methodology of field experience. Moscow., Russia. 1985. 416 p. (In Russ.).

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-60-64>  
УДК 635.64:631.674.6(470.61)

В.А. Борисов<sup>1</sup>, В.С. Соснов<sup>2</sup>,  
А.М. Меньших<sup>1\*</sup>, И.Ю. Васючков<sup>1</sup>

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

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

\*Автор для переписки:  
soulsunnet@gmail.com

**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:** Борисов В.А., Соснов В.С., Меньших А.М., Васючков И.Ю. Эффективность основного внесения удобрений и подкормок томата при капельном орошении на обыкновенных чернозёмах Ростовской области. *Овощи России*. 2022;(4):60-64.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-60-64>

**Поступила в редакцию:** 08.04.2022

**Принята к печати:** 23.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Valery A. Borisov<sup>1</sup>, Vyacheslav S. Sosnov<sup>2</sup>,  
Aleksandr M. Menshikh<sup>1\*</sup>, Igor Yu. Vasyuchkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center 500, Vereya village, Ramensky urban district, Moscow region, Russia

<sup>2</sup> Birutchevskaya Vegetable Experimental Station – branch of FSBSI Federal Scientific Vegetable Center 19, Selektionnaya st., Novocherkassk, Rostov region, Russia

\*Corresponding author: soulsunnet@gmail.com

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

**Author contributions:** 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:** Borisov V.A., Sosnov V.S., Menshikh A.M., Vasyuchkov I.Yu. Efficiency of the main application of fertilizers and top dressing of tomato under drip irrigation on ordinary chernozems of the Rostov region. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):60-64. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-60-64>

**Received:** 08.04.2022

**Accepted for publication:** 23.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Эффективность основного внесения удобрений и подкормок томата при капельном орошении на обыкновенных чернозёмах Ростовской области



## Резюме

**Актуальность.** В современном овощеводстве южных и центральных регионов России широко используются новые научные разработки, включающие в себя использование новых сортов и гибридов, систему капельного орошения, фертигацию растворимыми удобрениями с микроэлементами. Все эти агроприёмы позволяют в несколько раз увеличить урожайность овощных культур, а также очень существенно повысить эффективность вносимых удобрений.

**Целью** нашей работы было установить эффективность применения расчётных доз минеральных удобрений под томат при основном внесении и подкормках в условиях капельного орошения. Исследования проводили в 2019-2021 годах на обыкновенном тяжелосуглинистом чернозёме опытного участка Бирючукской овощной селекционной опытной станции (БОСОС) ФНЦО (Ростовская обл., г. Новочеркасск) с новым сортом томата Красный банкир.

**Результаты.** Выявлено, что без внесения удобрений урожайность томатов была на уровне 32-35 т/га; применение в основное внесение рекомендуемой дозы  $N_{120}P_{120}K_{120}$  увеличивало урожайность до 64-72 т/га; использование расчётной дозы минеральных удобрений (на урожайность 100 т/га) повышало урожайность томатов до 89-99 т/га. Применение трёхкратной корневой подкормки растений при капельном орошении увеличивало урожайность на 21%, а при листовой подкормке – на 2-8%. В качестве корневых подкормок при капельном поливе использовался раствор микрокристаллического водорастворимого удобрения «Мастер» различного соотношения питательных элементов, а при листовых подкормках органоминерального наноудобрения с ростостимулирующей активностью «Арксоил ККР». В целом, комплекс агрохимических приёмов позволил увеличить урожайность томата при капельном орошении с 33,7 до 102,8 т/га, более чем в 3 раза, без снижения содержания сухого вещества в плодах и отсутствия нитратного загрязнения продукции.

**Ключевые слова:** томат, минеральные удобрения, капельное орошение, подкормки, урожайность, качество

## Efficiency of the main application of fertilizers and top dressing of tomato under drip irrigation on ordinary chernozems of the Rostov region

### Abstract

**Relevance.** In modern vegetable growing in the southern and central regions of Russia, new scientific developments are widely used, including the use of new varieties and hybrids, a drip irrigation system, fertigation with soluble fertilizers with microelements. All these agricultural practices make it possible to increase the yield of vegetable crops by several times, as well as to significantly increase the efficiency of applied fertilizers. The purpose of our work was to establish the effectiveness of the use of calculated doses of mineral fertilizers for tomato with the main application and top dressing under drip irrigation.

**Methodology.** Research in 2019-2021 on ordinary heavy loamy chernozem of the experimental field of the Birutchevskaya Vegetable Experimental Station – branch of FSBSI Federal Scientific Vegetable Center (Rostov Region, Novocherkassk) with a new variety of tomato Krasny banker.

**Results.** It was revealed that without fertilization, the yield of tomatoes was at the level of 32-35 t/ha; the use of the recommended dose of  $N_{120}P_{120}K_{120}$  in the main application increased the yield to 64-72 t/ha; the use of the estimated dose of mineral fertilizers (for a yield of 100 t/ha) increased the yield of tomatoes to 95 t/ha. The use of three-fold root feeding of plants with drip irrigation increased the yield by 21%, and with foliar feeding – by 2-8%. As a root top dressing for drip irrigation, a solution of microcrystalline water-soluble fertilizer "Master" with a different ratio of nutrients was used, and for foliar top dressing, an organomineral nanofertilizer with growth-stimulating activity "Arksoil KKR" was used. In general, a set of agrochemical practices made it possible to increase the tomato yield under drip irrigation from 33.7 to 102.8 t/ha, more than 3 times, without reducing the dry matter content in fruits and without nitrate contamination of products.

**Keywords:** tomato, mineral fertilizers, drip irrigation, top dressing, productivity, quality

Томат является одной из основных овощных культур, особенно большие площади он занимает в южных регионах нашей страны, преимущественно на выщелоченных, типичных и обыкновенных чернозёмах, где для этой культуры существуют благоприятные почвенно-климатические условия. Однако в целом в России уровень урожайности томата и валовое его производство недостаточно для обеспечения продовольственной безопасности страны; значительные объёмы томата импортируются.

Важнейшее значение для повышения урожайности томата имеет научно-обоснованная система применения удобрений в условиях капельного орошения и фертигации при возделывании новых интенсивных сортов и гибридов.

В 2019-2021 годах на обыкновенных чернозёмах опытного поля БОСОС (Ростовская обл., г. Новочеркасск) были проведены детальные исследования по повышению агрономической эффективности применения удобрений под культуру рассадного томата сорта Красный банкир (оригинатор: ООО ССЦ Ростовский ООО Агрофирмы «Поиск», Россия). Направление использования сорта: салатный. Срок созревания – среднеранний. Растение детерминантное, лист средней длины, темно-зеленой окраски. Соцветие простое. Плодоножка с сочленением. Плод округлой формы, плотный, слаборебристый. Масса плода – 250-300 г. Окраска незрелого плода светло-зеленая, зрелого – ярко-красного.

#### Методика исследований

В схему опыта были включены варианты без применения удобрений (контроль), рекомендованная доза удобрений  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , половинная доза  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , расчётная доза на урожайность 100 т/га  $N_{314}P_{217}K_{157}$ , а также варианты с корневыми и листовыми подкормками растворимыми удобрениями в период вегетации растений на фоне основного внесения минеральных удобрений; последние в форме аммиачной селитры (34%), двойного суперфосфата (43%) и хлористого калия (60%) вносили под предпосевную культивацию. Корневую подкормку проводили раствором микрокристаллического водорастворимого удобрения «Мастер» с разным соотношением питательных веществ (разных марок) для трёх основных периодов вегетации: 18N:18P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:18K<sub>2</sub>O:3MgO + МЭ – рост вегетативных органов (I декада июня); 18:40:13 + МЭ – образование завязей (I декада июля); 10:18:32 + МЭ – начало плодоношения (I декада августа), с капельным поливом из расчёта ¼ части рекомендованной дозы азота ( $N_{120}$ ). Все

марки удобрения «Мастер» содержат следующие микроэлементы (МЭ): В 0,02%, Fe (ЭДТА) – 0,07%, Mn (ЭДТА) – 0,03%, Zn (ЭДТА) – 0,01%, Cu (ЭДТА) – 0,005%, Mo – 0,01%. Листовую подкормку раствором органоминерального удобрения с ростостимулирующей активностью «Арксойл ККР» проводили в те же фазы развития путём опрыскивания дозой 5 мл/10 л.

**Арксойл.** Концентрат коллоидного раствора (ККР), органоминеральное удобрение с ростостимулирующей активностью, биоантидот и биофунгицид. Предназначено для обработки семян и вегетирующих растений. Действующие вещества: инактивированные бактерии (титр  $5-8 \cdot 10^{10}$  клеток до инактивации). *Pseudomonas aureofaciens* H16 (3 индолилуксусная кислота, α-алонин, α-глутаминовая кислота), *Bacillus megaterium* (поли-β-гидроксимасляная кислота), *Bacillus subtilis* (ауксины) и продукты их метаболизма, необходимый набор макро и микро элементов в хелатной форме. Обработки Арксойлом ККР можно проводить как корневые, так и внекорневые. Класс опасности – 4. Практически не опасен для пчел.

Расчёт дозы минеральных удобрений на урожайность 100 т/га был проведён по методике Патрона П.И. [2], испытанной на обыкновенных чернозёмах Молдавии, близких по почвенно-климатическим условиям с Ростовской областью. Потребление питательных веществ (кг) томатом на 10 т урожая: N 32, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9, K<sub>2</sub>O 45, что близко к обобщённым данным зарубежных исследователей. По нашим предыдущим исследованиям, уровень естественного плодородия обыкновенного чернозёма при капельном орошении обеспечивает получение около 30 т/га томата, поэтому доза удобрений была рассчитана на прибавку урожая 70 т/га с целью доведения общей урожайности до 100 т/га и составила  $N_{314}P_{217}K_{157}$ .

Почва опытного участка – тяжелосуглинистый обыкновенный чернозём с нейтральной реакцией среды (pH<sub>сол</sub> 6-7,5), содержанием гумуса в слое 0,20 см 2,76-3,16%, мощным гумусовым слоем (до 70 см), содержанием общего азота 0,23%, подвижного фосфора 65-75 мг/кг, обменного калия 730-820 мг/кг (по Мачигину).

Погодные условия в годы проведения опытов в целом были благоприятны для выращивания томата, с тёплой и влажной весной, засушливым летним периодом, что при капельном поливе обеспечило получение высоких урожаев плодов (табл. 1). За период вегетации растений для поддержания влажности почвы на уровне 70:70:70% НВ и

Таблица 1. Метеорологические условия (2019-2021 годы), БОСОС  
Table 1. Meteorological conditions (2019-2021), BVES

Месяцы	Температура воздуха, °С				Осадки, мм			
	2019	2020	2021	средне-многолетние	2019	2020	2021	средне-многолетние
Май	9,6	14,7	17,6	16,5	74,8	59,3	75,6	38,2
Июнь	25,6	21,9	22,4	20,8	15,5	49,3	76,4	60,2
Июль	23,1	24,2	24,6	24,1	48,1	34,0	65,5	54,8
Август	23,0	21,8	24,6	22,2	14,9	33,0	49,0	42,9
Сентябрь	16,9	20,1	18,5	16,2	23,5	0	30,8	36,0
Сумма	-	-	-	-	176,8	175,6	297,3	232,1
∑t°>10°С	3311	3134	3419	-	-	-	-	-
Полив, кол-во	-	-	-	-	20	18	17	-
Оросит. норма м3/га	-	-	-	-	4480	4000	4050	-

глубиной увлажнения 0,3 м в начале вегетации и 0,4 м при плодообразовании было проведено 15–19 поливов нормой 3500–4050 м<sup>3</sup>/га.

Высадку 30-дневной рассады проводили во II декаде мая, по схеме [70x35] см, густота посадки 40–41 тыс. шт. растений/га; выборочные сборы – со II декады августа по II декаду сентября.

Защитные мероприятия от болезней и вредителей включали профилактические опрыскивания растений томата химическими препаратами, начиная с высадки рассады до начала массового плодообразования и биологическими препаратами (фитоспорин, фитOVERM) до массовой уборки плодов.

Все исследования проведены в соответствии с методическими разработками ВНИИО.

**Результаты исследований.** Исследования динамики содержания питательных элементов в почве (табл. 2) показали, что в начале вегетации уровень содержания мало отличался по вариантам опыта, а в период начала образования плодов содержание питательных веществ в почве возрастает, особенно при внесении высоких доз удобрений, и снижается до минимальных величин по нитратам и обменному калию к уборке урожая. Применение рекомендуемой дозы N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> несколько повышает содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в почве и почти не влияет на содержание нитратов. Только применение высокой дозы азотных удобрений повысили уровень N-NO<sub>3</sub> с 3,6 до 5,0 5,1 мг/кг. Фосфатный и калийный режим питания чернозёмов от применения удобрений значительно улучшился.

Наблюдения за ростом и развитием растений в период вегетации выявили очень сильное различие по вариантам опыта (табл. 3). Минеральные удобрения, внесённые в рекомендованной дозе N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>, ускоряли рост растений и увеличивали число завязей и плодов с 13,3 до 20,2 шт./растение, а наибольшее число плодов томата (31,8 шт./растение) отмечено при комплексном использовании расчётной дозы удобрений N<sub>314</sub>P<sub>217</sub>K<sub>157</sub> с корневыми и листовыми подкормками, что в 2,4 раза превышает контрольный вариант.

Следует отметить, что эта прибавка числа плодов получена за счёт расположения их не на центральном, а на боковых побегах, т.е. обильное питание растений томата стимулирует увеличение завязей и плодоношения на боковых побегах растения, изменяя характер самого габитуса растений.

Центральный побег является синонимом термина главный стебель у томата. При отсутствии удобрений куст формируется очень маленький и на главном стебле зачастую формируется всего одна кисть. В условиях применения удобрений куст образует более мощные побеги (пасынки) и большее количество плетей и плодов на них.

При высоких дозах удобрения совместно с орошением наблюдается более продолжительное цветение и плодоношение. Томат – культура ремонтантная, и для него характерны непрерывное цветение и плодоношение в течение всего вегетационного периода.

Общая масса плодов с растения томата под влиянием удобрений возрастала с 1370 г на контроле до 2790 г при внесении N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>, и до 4090 г при комплексном применении расчётной дозы N<sub>314</sub>P<sub>217</sub>K<sub>157</sub> с корневой и листовой подкормками, т.е. в 3 раза (табл. 4). При этом средняя масса плода увеличилась незначительно (со 103 до 130 г), а основная прибавка урожайности получена за счёт увеличения числа плодов.

Этот довольно неожиданный результат указывает на очень важную роль оптимизации питания на продуктивный потенциал томатного растения.

Результаты учёта урожайности томата за 3 года исследований (табл. 5) показали, что внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в сочетании с трёхкратными корневыми подкормками растворимыми удобрениями «Мастер», что практикуется в овощеводстве Ростовской области, позволили повысить урожайность томата на 61,3%, а дополнительно трёхкратная листовая подкормка «Аркасил ККР» ещё на 6,5%. Двойная доза удобрений в основное внесение N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> позволила увеличить урожайность томата более чем в 2 раза, с 33,7 до 69,0 т/га. Дополнительное внесение «Мастер» (трёхкратно) увеличило урожайность плодов с 69,0 до 76,2 т/га (21%).

Таблица 2. Динамика основных питательных веществ в почве (слой 0-20 см; среднее за 2019-2021 годы)  
Table 2. Dynamics of the main nutrients in the soil (layer 0-20 cm; average for 2019-2021)

Вариант	N-NO <sub>3</sub>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	мг/кг почвы								
	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
Без удобрений (контроль)	6,7	5,1	3,6	64,3	57,6	61,0	728	692	690
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП*	7,3	5,2	2,2	74,5	74,2	67,0	780	732	695
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП+ЛП**	7,4	4,7	2,6	67,5	76,1	70,5	822	732	717
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	6,9	5,0	3,2	74,0	76,8	70,0	776	682	745
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП	7,1	4,4	4,2	67,5	76,8	70,5	774	772	735
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП+ЛП	6,7	4,5	4,5	71,0	77,6	64,0	755	738	730
N <sub>314</sub> P <sub>217</sub> K <sub>157</sub> (100 т)	6,5	6,1	5,1	71,0	81,4	74,8	742	739	725
(NPK) расчет+КП	7,2	6,2	5,0	69,5	91,0	77,5	748	765	740
(NPK) расчет+КП+ЛП	6,7	6,2	5,0	73,2	85,8	78,5	772	766	710

\* КП – корневая трёхкратная подкормка растений удобрением «Мастер»

\*\*ЛП – листовая трёхкратная подкормка растений удобрением «Аркасил ККР»

Таблица 3. Характер расположения и количество плодов томата на растении в зависимости от применения удобрений (2019-2021 годы)  
 Table 3. Location and the number of tomato fruits on the plant, depending on the use of fertilizers (2019-2021)

Вариант	Количество плодов на одном растении, шт.				На центральном побеге, %			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Без удобрений (контроль)	13,0	13,3	13,5	13,3	21,1	20,3	20,6	20,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП*	16,8	16,3	17,2	16,8	19,5	18,4	19,8	19,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП+ЛП**	18,0	16,9	17,7	17,5	20,8	18,3	19,5	19,5
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	19,7	20,1	20,8	20,2	21,6	17,9	18,9	19,5
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП	21,5	20,5	21,9	21,3	20,9	17,1	18,3	18,8
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП+ЛП	22,8	21,2	22,4	22,1	20,8	16,8	18,2	18,6
N <sub>314</sub> P <sub>217</sub> K <sub>157</sub> (100т)	35,5	23,3	30,6	29,8	15,5	15,9	16,5	16,0
(NPK) расчет+КП	37,5	24,4	31,8	31,2	13,3	15,2	16,1	14,9
(NPK) расчет+КП+ЛП	38,2	24,9	32,3	31,8	15,1	15,3	16,3	15,6
HCP <sub>05</sub> , шт.	2,37	0,83	1,32	-	-	-	-	-

\* КП – корневая трёхкратная подкормка растений удобрением «Мастер»

\*\*ЛП – листовая трёхкратная подкормка растений удобрением «Аркусил ККР»

Таблица 4. Продуктивность растений и масса плодов томата при применении удобрений (2019-2021 годы)  
 Table 4. Plant productivity and weight of tomato fruits when applying fertilizers (2019-2021)

Вариант	Продуктивность одного растения, кг				Средняя масса одного плода, г							
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	На центральном побеге, г			
									2019	2020	2021	среднее
Без удобрений (контроль)	1,39	1,28	1,43	1,37	107	96	106	103	155	147	153	152
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП*	2,32	2,14	2,28	2,25	138	131	133	134	165	173	169	169
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП+ЛП**	2,44	2,23	2,36	2,34	136	132	134	134	163	173	172	169
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	2,69	2,77	2,91	2,79	137	138	140	138	157	195	193	182
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП	3,02	2,9	3,09	3,00	140	142	141	141	148	197	194	180
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП+ЛП	3,19	3,01	3,19	3,13	140	142	143	142	148	198	195	180
N <sub>314</sub> P <sub>217</sub> K <sub>157</sub> (100 т)	3,82	3,41	4,06	3,76	108	146	133	129	160	206	187	184
(NPK) расчет+КП	4,12	3,53	4,26	3,97	110	145	134	130	162	212	186	187
(NPK) расчет+КП+ЛП	4,31	3,63	4,34	4,09	110	146	134	130	163	215	186	188
HCP <sub>05</sub>	0,136	0,103	0,142	-	5,19	2,47	3,56	-	-	-	-	-

\* КП – корневая трёхкратная подкормка растений удобрением «Мастер»

\*\*ЛП – листовая трёхкратная подкормка растений удобрением «Аркусил ККР»

Таблица 5. Влияние удобрений на урожайность и качество томата при капельном орошении и фертигации в условиях Ростовской обл. (2019-2021 годы)

Table 5. The effect of fertilizers on the yield and quality of tomato under drip irrigation and fertigation in the Rostov region. (2019-2021)

Вариант	Урожайность плодов, т/га				Прибавка урожая, %	Доля стандартных плодов, %	Сухое вещество, %	NO <sub>3</sub> , мг/кг
	2019	2020	2021	среднее				
Без удобрений (контроль)	32,1	34,7	34,2	33,7	-	94,9	6,64	<29
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП*	53,9	54,3	54,7	54,3	61,3	95,3	6,66	<29
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +КП+ЛП**	54,7	58	56,8	56,5	67,8	95,7	6,65	<29
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	64,4	71,8	70,9	69,0	105,0	95,6	6,54	<29
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП	70,9	79,6	78,2	76,2	126,4	95,6	6,46	<29
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> +КП+ЛП	72,8	82,7	80,8	78,8	134,0	95,8	6,56	<29
N <sub>314</sub> P <sub>217</sub> K <sub>157</sub> (100т)	89,3	96,5	99,6	95,1	182,6	95,6	6,62	<29
(NPK) расчет+КП	95,3	100,7	104,1	100,0	197,1	96,0	6,51	<29
(NPK) расчет+КП+ЛП	98,5	103,4	106,5	102,8	205,3	96,2	6,51	<29
HCP <sub>05</sub>	3,76	4,13	4,21					

\* КП – корневая трёхкратная подкормка растений удобрением «Мастер»

\*\*ЛП – листовая трёхкратная подкормка растений удобрением «Аркусил ККР»

«Аркосойл ККР» (трёхкратно) в комплексе с «Мастер» увеличил урожайность томата ещё на 8% – до 78,8 т/га при некотором повышении сухого вещества в плодах.

Использование расчётной дозы  $N_{314}P_{217}K_{157}$  позволило получить урожайность по годам от 89,3 до 99,6 т/га, т.е. близко к расчётному показателю уровня 100 т/га, прибавка к контролю составила 205,3%. По уровню выхода стандартной продукции (94,9-96,2%) и содержанию в плодах сухого вещества и накоплению нитратов существенной разницы по вариантам опыта не наблюдается, т.е. качество продукции не ухудшалось.

### Выводы

1. На обыкновенных чернозёмах Ростовской области при капельном орошении и фертигации выявлена высокая эффективность применения удобрений под томат нового сорта Красный банкир. Применение минеральных удобрений при основном внесении в рекомендованной ранее

дозе  $N_{120}P_{120}K_{120}$  позволило увеличить урожайность томата с 33,7 до 69,0 т/га.

2. Использование на фоне основного внесения трёхкратной корневой подкормки растений водорастворимыми удобрениями «Мастер» при капельном поливе (фертигация) увеличивало урожайность томата до 76,2 т/га – на 21%. Применение нового водорастворимого наноудобрения «Аркосойл ККЛ» (трёхкратно по листу) повышало урожайность томата до 78,8 т/га – ещё на 8%.

3. Внесение под томат минеральных удобрений из расчёта на урожайность 100 т/га  $N_{314}P_{217}K_{157}$  позволило повысить урожайность томата до 95,1 т/га. Применение на этом фоне корневых и листовых подкормок позволило увеличить урожайность плодов томата до 102,8 т/га.

4. Применение минеральных удобрений перед высадкой и подкормок в вегетацию растений не оказало отрицательного влияния на качество плодов томата, выход товарных плодов составил 94,9-96,2%.

### Об авторах:

**Валерий Александрович Борисов** – доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-8538-8953>, Researcher ID: J-4718-2018, Scopus Author ID: 57213419483, [valeri.borisov.39@mail.ru](mailto:valeri.borisov.39@mail.ru)

**Вячеслав Семенович Соснов** – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-5688-988X>, Researcher ID: U 8618-2018, Scopus Author ID: 1113188, [gubosos@mail.ru](mailto:gubosos@mail.ru)

**Александр Михайлович Меньших** – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>, Researcher ID: J-4664-2018, Scopus Author ID: 57222652225, автор для переписки, [soulsunnet@gmail.com](mailto:soulsunnet@gmail.com)

**Игорь Юрьевич Васючков** – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-4143-3294>, [gamov\\_igor@mail.ru](mailto:gamov_igor@mail.ru)

### About the authors:

**Valery A. Borisov** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8538-8953>, Researcher ID: J-4718-2018, Scopus Author ID: 57213419483, [valeri.borisov.39@mail.ru](mailto:valeri.borisov.39@mail.ru)

**Vyacheslav S. Sosnov** – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5688-988X>, Researcher ID: U 8618-2018, Scopus Author ID: 1113188, [gubosos@mail.ru](mailto:gubosos@mail.ru)

**Aleksandr M. Menshikh** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>, Researcher ID: J-4664-2018, Scopus Author ID: 57222652225, Correspondence Author, [soulsunnet@gmail.com](mailto:soulsunnet@gmail.com)

**Igor Yu. Vasyuchkov** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4143-3294>, [gamov\\_igor@mail.ru](mailto:gamov_igor@mail.ru)

### • Литература

1. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. М.: РАСХН, 2006. 776 с.
2. Патрон П.И. Комплексное действие агроприёмов в овощеводстве. Кишинёв: Штинница, 1981. 284 с.
3. Круг Г. Овощеводство (пер. с нем. Леунов В.И.). М.: Колос, 2000. 573 с.
4. Гиль Л.С., Дьяченко В.И., Пашковский А.И., Сулима Л.Т. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения и фертигации. ЧП Рута, 2007. 390 с.
5. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2016. 392 с.
6. Борисов В.А., Авилон Н.В. Система минерального питания томата при капельном орошении в Ростовской области. *Картофель и овощи*. 2013;(1):14-15.
7. Ванеян С.С. Технологические основы повышения эффективности орошения и гидроподкормки овощных и бахчевых культур в различных почвенно-климатических зонах России. М., 1997. 68 с.
8. Меньших А.М., Ванеян С.С. Нормы увлажнения почвы при выращивании овощных культур. *Орошаемое земледелие*. 2017;(1):17-18.
9. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. Белика В.Ф./ М.:Агропромиздат, 1992. 319 с.
10. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: РАСХН, 2011. 649 с.
11. Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И., Рубцов А.А. Инновационные технологии орошения овощных культур. М.: Изд-во «Ким Л.А.», 2021. 306 с.
12. Иванов А.Л., Сычёв В.Г., Чекармаев П.А., Державин Л.М., Борисов В.А. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в интенсивном овощеводстве открытого грунта. М.: Росинформагротех, 2012. 476 с.
13. Бородин В.В., Болдырь А.И., Гуренко В.М., Дмитриенко О.М. Потребность овощных культур в минеральном питании при капельном орошении. *Картофель и овощи*. 2005;(8):27-28.
14. Гарьянова Е.Д., Соколова Г.Ф., Киселева Н.Н., Филатов Г.А. Как повысить эффективность томатов при капельном орошении. *Картофель и овощи*. 2007;(6):15-18.

### • References

1. Litvinov S.S. Scientific foundations of modern vegetable growing. M.: RAAS, 2006. 776 p. (In Russ.)
2. Patron P.I. Complex action of agricultural practices in vegetable growing. Chisinau: Shtinnitsa, 1981. 284 p. (In Russ.)
3. Krug G. Vegetable growing (translated from German by Leunov V.I.). M.: Kolos, 2000. 573 p. (In Russ.)
4. Gil L.S., Dyachenko V.I., Pashkovsky A.I., Sulima L.T. Modern industrial production of vegetables and potatoes using drip irrigation and fertigation systems. Ruta, 2007. 390 p. (In Russ.)
5. Borisov V.A. Vegetable crop fertilization system. M.: FGBNU Rosinformagrotech, 2016. 392 p.
6. Borisov V.A., Avilov N.V. The system of mineral nutrition of tomato with drip irrigation in the Rostov region. *Potatoes and vegetables*. 2013;(1):14-15. (In Russ.)
7. Vaneyan S.S. Technological bases for increasing the efficiency of irrigation and hydro-feeding of vegetable and melon crops in various soil and climatic zones of Russia. M., 1997. 68 p. (In Russ.)
8. Menshikh A.M., Vaneyan S.S. Soil moisture standards for vegetable crops. *Irrigated agriculture*. 2017;(1):17-18. (In Russ.)
9. Methodology of experimental business in vegetable growing and melon growing / ed. Belik V.F./ M.: Agropromizdat, 1992. 319 p. (In Russ.)
10. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: RAAS, 2011. 649 p. (In Russ.)
11. Fedosov A.Yu., Menshikh A.M., Ivanova M.I., Rubtsov A.A. Innovative technologies for irrigation of vegetable crops. M.: Publishing house "Kim L.A.", 2021. 306 p. (In Russ.)
12. Ivanov A.L., Sychev V.G., Chekmarev P.A., Derzhavin L.M., Borisov V.A. Methodological guide for designing the use of fertilizers in intensive vegetable growing in open ground. M.: Rosinformagrotech, 2012. 476 p. (In Russ.)
13. Borodychev V.V., Boldyr A.I., Gurenko V.M., Dmitrienko O.M. The need for vegetable crops in mineral nutrition under drip irrigation. *Potatoes and vegetables*. 2005;(8):27-28. (In Russ.)
14. Garyanova E.D., Sokolova G.F., Kiseleva N.N., Filatov G.A. How to improve the efficiency of tomatoes with drip irrigation. *Potatoes and vegetables*. 2007;(6):15-18. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-65-72>  
УДК 631.811.98:631.531:(635.532+635.753)

Victor A. Kharchenko<sup>1</sup>, Anastasia I. Moldovan<sup>1</sup>,  
Zarema A. Amagova<sup>1,2</sup>, Visita Kh. Matsadze<sup>2</sup>,  
Nadezhda A. Golubkina<sup>1\*</sup>, Gianluca Caruso<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution  
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)  
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo dist-  
rict, Moscow region, Russia, 143072

<sup>2</sup>Chechen Scientific Institute of Agriculture  
Lilovaya 1, Gikalo, Grozny region, Chechen  
Republic, 366021, Russia

<sup>3</sup>Department of Agricultural Sciences, University of  
Naples Federico II  
80055, Portici (Naples), Italy

\*Corresponding author: segolubkina45@gmail.com;  
tel: +7-903-118-50-30

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

**Authors' Contributions:** all authors participated in the  
planning and setting of the experiment, as well as in  
the analysis of experimental data and the writing of  
the article.

**Acknowledgement:** the authors are grateful to  
Efimova H.G. for her valuable support in evaluation  
of parsley seeds quality.

**For citations:** Kharchenko V.A., Moldovan A.I.,  
Amagova Z.A., Matsadze V.Kh., Golubkina N.A.,  
Caruso G. Effect of sodium selenate foliar supple-  
mentation on *Cryptotaenia japonica* and  
*Petroselinum crispum* nutritional characteristics and  
seed quality. *Vegetable crops of Russia*.  
2022;(4):65-72. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-65-72>

**Received:** 01.06.2022

**Accepted for publication:** 29.06.2022

**Published:** 20.07.2022

В.А. Харченко<sup>1</sup>, А.И. Молдован<sup>1</sup>, З.А.  
Амагова<sup>1,2</sup>, В.Х. Мацадзе<sup>2</sup>, Н.А. Голубкина<sup>1\*</sup>,  
Д. Карузо<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский  
институт сельского хозяйства»  
366021, Чеченская Республика, Грозненский р-  
н, пос. Гикало, ул. Лиловая, д.1

<sup>3</sup>Неаполитанский государственный университет  
им. Федерико II  
80055, Неаполь, Италия

\*Адрес для переписки:  
segolubkina45@gmail.com; тел.: +7-903-118-50-  
30

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют  
об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов:** все авторы участвовали в плани-  
ровании и постановке эксперимента, а также в  
анализе экспериментальных данных и написа-  
нии статьи.

**Благодарности:** авторы выражают благодар-  
ность Ефимовой Е.Г. за неоценимую помощь в плани-  
ровании и постановке эксперимента, а также в  
анализе экспериментальных данных и написа-  
нии статьи.  
Для цитирования: Kharchenko V.A., Moldovan A.I.,  
Amagova Z.A., Matsadze V.Kh., Golubkina N.A.,  
Caruso G. Effect of sodium selenate foliar supple-  
mentation on *Cryptotaenia japonica* and  
*Petroselinum crispum* nutritional characteristics and  
seed quality. *Vegetable crops of Russia*.  
2022;(4):65-72. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-65-72>

**Поступила в редакцию:** 01.06.2022

**Принята к печати:** 29.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

# Effect of sodium selenate foliar supplementation on *Cryptotaenia japonica* and *Petroselinum crispum* nutritional characteristics and seed quality



## Abstract

Production of functional food with high levels of selenium and other antioxidants is very valuable for human protection against different forms of oxidant stress. Among leafy vegetables parsley demonstrate the highest levels of antioxidants. Biochemical analysis and fluorimetric determination of selenium revealed that foliar biofortification of 4 parsley (*Petroselinum crispum*) cultivars and Mitsuba (*Cryptotaenia japonica*) with sodium selenate (25 mg L<sup>-1</sup>) resulted in the highest biofortification level in curly parsley cultivar Krasotka (102.9) which showed the highest leaf surface area, antioxidant activity (65 mg GAE g<sup>-1</sup> d.w.) and flavonoids content (25.9 mg quercetin equivalent g<sup>-1</sup> d.w.), and the increase by 1.4 times in carotene content and 1.5 times in total chlorophyll content. ICP-MS method of mineral composition evaluation recorded extremely high levels of B and Si in Mustuba, which increased due to Se supplementation by 1.23 and 1.46 times respectively. In a two-year experiment with control and Se-fortified, leafy parsley, cultivar Moskvichka reached high values of seed yield and viability, and seed Se content (6170 µg kg<sup>-1</sup> d.w.). The results of the present investigation demonstrate high prospects of parsley and Mitsuba selenium biofortification for production of functional food with elevated levels of microelement and high antioxidant activity.

**Keywords:** mitsuba, parsley, selenium, antioxidants, seeds viability

# Влияние внекорневой подкормки селенатом натрия на пищевые характеристики и качество семян *Cryptotaenia japonica* и *Petroselinum crispum*

## Резюме

**Актуальность.** Производство функциональных продуктов питания с высоким содержанием селена и других антиоксидантов очень важно для защиты человека от различных форм оксидантного стресса. Среди зеленных культур петрушка наиболее богата антиоксидантами. Было проведено внекорневое обогащение 4 сортов петрушки (*Petroselinum crispum*) и мицубы (*Cryptotaenia japonica*) селенатом натрия (25 мг/л).

**Результаты.** Данные биохимического анализа и результаты флуорометрического определения содержания селена показали, что у сорта кудрявой петрушки Красотка внекорневое обогащение селеном привело к максимальному уровню обогащения (102,9), увеличению в 1,4 раза содержания каротина и в 1,5 раза общего содержания хлорофилла. Также этот сорт характеризовался самой высокой площадью листовой поверхности, антиоксидантной активностью (65 МЭ ГК/г с.м.) и содержанием флавоноидов (25,9 МЭ кверцетина/г с.м.). ИСП-МС метод определения минерального состава выявил, что мицуба накапливает чрезвычайно высокие уровни В и Si, которые увеличились благодаря обогащению растения селеном в 1,23 и 1,46 раза соответственно. В двухлетнем эксперименте с контрольной и обогащенной Se листовой петрушкой сорт Москвичка достиг высоких значений урожайности и жизнеспособности семян, а также содержания Se в семенах (6170 мкг кг<sup>-1</sup> д.в.). Результаты работы предполагают перспективность обогащения петрушки и мицубы селеном с целью получения продукции функционального назначения с повышенным содержанием микроэлемента и высокой антиоксидантной активностью.

**Ключевые слова:** мицуба, петрушка, селен, антиоксиданты, жизнеспособность семян

## Introduction

Protection of human organism against oxidant stresses is an effective way for sustainable development of the society and improvement of human health [1]. The significance of antioxidants in human health stimulates the development of functional and supplemental food containing high levels of antioxidants. Taking into account the protective antioxidant role of selenium against various chronic diseases, such as cardiovascular, oncological, viral caused by SARS-CoV-2 virus [2,3], special attention is paid to the production of vegetables, as the main source of antioxidants, biofortified with selenium (Se). Several investigations indicate that Se supply may enhance plant antioxidant status, increasing the accumulation of the most important antioxidants, i.e., vitamin C, polyphenols, carotenoids [4]. In this respect, Se biofortification of vegetable crops demonstrates the greatest potential due to antioxidant properties of Se capable to improve both plants and human immunity [5], stimulate plant secondary metabolites production, including the most powerful antioxidants such as polyphenols, carotenoids and ascorbic acid, and increase agricultural crop yield [6].

Despite such optimistic prognosis, there are still a lot of unresolved questions in the development of Se-biofortification technology. Firstly, narrow concentration range of Se for obtaining high beneficial agrochemical effect on plants is species and variety dependent, which makes it extremely difficult to predict the product's quality and yield under Se supply. Secondly, Se biofortification of plants with high antioxidant activity have not yet provided sufficient data relevant to the process peculiarities. Thirdly, scant information is available on Se enriched seeds viability [7]. Taking into account the synergistic relationship between Se and organic antioxidants such as ascorbic acid, polyphenols, proteins [8,9], parsley is one of the finest object for Se biofortification, due to extremely high levels of natural antioxidants [10]. Indeed, parsley importance is attributed to its high vitamins concentration (mainly vitamin C), antioxidants [11], and some mineral elements such as iron [12] as well as volatile oils that play an important role in the pharmaceutical and food industries [13]. Parsley has been used medicinally since ancient times for possible medicinal qualities including antioxidative [14], anti-carcinogenic [15], antimicrobial, laxative, anti-hyperlipidemic, anticoagulant and antihepatotoxic [16]. Because of the many antioxidants present in this plant, a diet including fresh parsley leaf can significantly increase antioxidant capacity, which plays a special role in people nutrition [10,17,18].

Nevertheless, up-to-date only few attempts have been achieved for parsley biofortification with Se, though the literature data indicate the presence of Se-Me-Se-Met (up to 21%) and Se-Me-Se-Cys (up to 4.4%), which are powerful natural anti-carcinogens [19]. No information is still available regarding Se biofortification of Japanese parsley *Cryptotaenia japonica* (Mitsuba), also known to be rich with natural antioxidants [20].

The aim of the present work was to assess the sodium selenate biofortification efficiency in foliar treatment of Mitsuba and 5 parsley varieties, and the determination of Se-enriched seed quality.

## Material and Methods

Four parsley cultivars, two of leafy type, Breeze and Moskvichka, one of curly type, Krasotka, and one of root type, Zolushka, plus the Japanese variety Mitsuba were grown at the experimental fields of Federal Scientific Vegetable Center (Moscow region, 55°39.51' N, 37°12.23' E), in sod-podzolic clay-loam soil, pH 6.8, 2.1% organic matter, 1.1 g·kg<sup>-1</sup> N, 0.045 g·kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0.357 g·kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O.

The mean values of temperature (°C) and relative humidity (%) as an average of 2018 and 2019 in Moscow region were the following: 16.1 and 71.8 in May; 21.0 and 73.0 in June; 23.8 and 74.9 in July; 19.0 and 76.9 in August and 14.8 and 86.0 in September.

The experimental protocol was based on the factorial combination between 5 cultivars and a selenium treatment plus an untreated control, using a split plot design with three replicates, each including 10 plants.

The seeds were sown in multicell trays filled with peat in a heated greenhouse, in the first decade of March, and the seedlings were transplanted in open field in the second decade of May. Plant care consisted of weeding, loosening row spacing and top dressing. First top dressing was carried out 2 weeks after seedlings planting. 1.5-2.0 centners of ammonium nitrate, potassium salt and 0.75-1 centners of superphosphate were applied per hectare twice: two weeks after planting and in mid-July. Foliar biofortification of plants with sodium selenate at a concentration of 25 mg Se/L (1.0 L m<sup>-2</sup>) was carried out in mid-July, the second - two weeks later. Each treatment included three repetitions. Harvesting was carried out in mid-August.

After cutting, plant fresh weight (g) of seven plants per replicate, was measured. Leaf area (cm<sup>2</sup>) was recorded for the whole plant (10 plants / replicate) using a Li-Cor 3100 area meter (Li-Cor, Lincoln, NE, USA).

## Growing Conditions and Experimental Protocol

### Sample Preparation

After harvesting leaves, stalks and roots were separated and weighed, roots were washed with water and dried at filter paper. Samples were homogenized and fresh homogenates were used for the determination of ascorbic acid, nitrates and water-soluble compounds (TDS) content. Part of samples was dried at 70°C to constant weight and was used for the determination of polyphenols, flavonoids content, total antioxidant activity and mineral composition.

### Dry Matter

The dry residue was assessed gravimetrically by drying the samples in an oven at 70°C until constant weight.

### Ascorbic acid

Ascorbic acid content was determined using visual titration method with sodium 2,6-dichlorophenol indophenolate (Tillmanse reagent) [21].

### Preparation of ethanolic extracts

One gram of dry leaves/petioles/roots powder was extracted with 20 mL of 70% ethanol at 80°C over 1 h. The mixture was cooled and quantitatively transferred to a volumetric flask, and the volume was adjusted to 25 mL. The mixture was filtered through filter paper and used further for the determination of polyphenols, flavonoids and total antioxidant activity.

### Polyphenols

Polyphenols were determined spectrophotometrically based on the Folin–Ciocalteu colorimetric method according to [8]. The concentration of polyphenols was calculated according to the absorption of the reaction mixture at 730 nm using 0.02% gallic acid as an external standard.

### Antioxidant Activity (AOA)

The antioxidant activity was evaluated via titration of 0.01 N  $\text{KMnO}_4$  solution with ethanolic extracts of dry samples [8].

### Flavonoids

The total flavonoids content was determined by a spectrophotometric method based on flavonoid–aluminum chloride ( $\text{AlCl}_3$ ) complexation [22]. A quantity of 0.5 mL of the ethanolic extract was diluted with 1.5 mL of 70 % ethanol, and 0.1 mL of 2%  $\text{AlCl}_3$ , 0.5 mL of 1 M sodium acetate solution, and 1 mL of distilled water were added. The mixture was left for 30 min at room temperature and the absorption at 415 nm was measured. The total flavonoid content was determined using quercetin (Fluka, Switzerland) as an external standard

### Total Dissolved Solids (TDS)

TDS was determined in water extracts using TDS-3 conductometer (HM Digital, Inc., Seoul, Korea).

### Nitrates

Nitrates were assessed using ion selective electrode on ionomer Expert-001 (Econix, Russia)

### Photosynthetic Pigments

Chlorophyll a, chlorophyll b and carotene accumulation levels in leaves were analyzed using 98% ethanolic extracts absorption levels at 470, 649 and 664 nm according to [23].

### Selenium

Fluorimetric method was used for the determination of selenium content [24]. The precision of the results was verified using a reference standard-lyophilized cabbage in each determination with Se concentration of  $150 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### Element Composition

Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Sn, Sr, V, and Zn contents in dried homogenized samples were assessed using ICP-MS on quadruple mass-spectrometer Nexion 300D (Perkin Elmer Inc., Shelton, CT, USA), equipped with the seven-port FAST valve and ESI SC DX4 autosampler (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE, USA) at the Biotic Medicine Center (Moscow, Russia). Rhodium 103 Rh was used as an internal standard to eliminate instability during measurements. Quantitation was performed using external standard (Merck IV, multi-element standard solution); Perkin–Elmer standard solutions for P, Si, and V, and all the standard curves were obtained at five different concentrations. For quality control purposes, internal controls and reference materials were tested together with the samples daily. Microwave digestion of samples was carried out with sub-boiled  $\text{HNO}_3$  diluted 1:150 with distilled deionized water (Fluka No. 02, 650 Sigma-Aldrich, Co., Saint Louis, MO, USA) in the Berghof SW-4 DAP-40 microwave system (Berghof Products + Instruments Gmb H, 72, 800 Eningen, Germany). The instrument conditions and acquisition parameters were: plasma power and argon flow, 1500 and 18  $\text{L min}^{-1}$ , respectively; aux argon flow, 1.6  $\text{L min}^{-1}$ ; nebulizer argon flow, 0.98  $\text{L min}^{-1}$ ; sample introduction system, ESI ST PFA concentric nebulizer and ESI PFA cyclonic spray chamber (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE, USA); sampler and slimmer cone material, platinum; injector, ESI Quartz 2.0 mm I.D.; sample flow, 637  $\text{L min}^{-1}$ ; internal standard flow, 84  $\text{L min}^{-1}$ ; dwell time and acquisition mode, 10–100 ms and peak hopping for all analytes; sweeps per reading, 1; reading per replicate, 10; replicate number, 3; DRC mode, 0.55  $\text{mL min}^{-1}$  ammonia (294993-Aldrich Sigma-Aldrich, Co., St. Louis, MO 63103, USA) for Ca, K, Na, Fe, Cr, V, optimized individually for RPa and RPq; STD mode, for the rest of analytes at RPa=0 and RPq=0.25 [60].

Trace levels of Hg and Sn in samples were not taken into account and, accordingly, they were not included in the tables.

### Statistical Analysis

In order to calculate the mean values and standard

Table 1. Biometric parameters and dry matter content of parsley leaves

Variety	Treatment	Total mass, g	Leaves mass, g	Height, cm	Dry matter, %
Breeze	Control	532.5b	444.9b (83.5%)	43.3bc	19.9a
	Se	449.7b	355.1c (79.0%)	41.3cd	21.6a
Moskvichka	Control	766.1a	626.3a (81.8%)	40.9cd	21.0a
	Se	628.5ab	476.7b (75.8%)	42.6bcd	23.9a
Krasotka	Control	679.6a	451.6b (66.5%)	35.1d	23.7a
	Se	467.1c	374.1c (80.1%)	27.2e	22.7a
Zolushka	Control	519b	369c (71.1%)	51.6b	22.5a
	Se	340d	237d (69.7%)	48.3bc	23.8a
Mitsuba	Control	452.2c	339.9c (75.2%)	78.2a	24.5a
	Se	503.3bc	365.7c (72.7%)	84.9a	23.1a

Values in columns with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at  $P < 0.05$

errors, the R statistical version 2.5.1 (The R Project for Statistical Computing, Lyon, France) was used.

Data were processed by two-way analysis of variance, and mean separations were performed through Duncan's multiple range test, with reference to a 0.05 probability level, using SPSS software version 21. Data expressed as percentage were subjected to angular transformation before processing.

## Results and discussion

### Yield and biometrical parameters

Among parsley cultivars studied no statistically significant changes in dry matter content as a result of Se treatment were registered, though one may indicate a tendency in yield increase of Mitsuba parsley due to Se supplementation. On the contrary, a small decrease in leaves mass happened to be typical for other cultivars: leafy (Breeze, Moskvichka cvs), curly (Krasotka) and root parsley (Zolushka) while statistically significant total mass decrease was recorded for Krasotka and Zolushka cultivars. These data indicate lack of Se growth stimulation effect using foliar application of relatively low sodium selenate concentration ( $25 \text{ mg L}^{-1}$ ) both on *Petroselinum crispum* L. and *Cryptotaenia japonica* grown in Moscow region and parsley cultivated in the Chechen republic.

### Potassium, total dissolved solids (TDS) and nitrates

Parsley is known to accumulate high levels of nitrates [25] which may be either beneficial for heart care or harmful in case of nitrates excess [26]. Data presented in Table 2 indicate the highest values of nitrates accumulation by Mitsuba and the lowest ones for curly parsley Krasotka. According to the received data (Table 3) Se decreases nitrate content in parsley leaves, the effect being as a tendency for Breeze, Moskvichka, Zolushka cvs, or statistically significant for Krasotka cv (25.0%) and Mitsuba (11.6%). These results are in good agreement with the known fact of selenate effect on nitrate reductase activity [27] but signif-

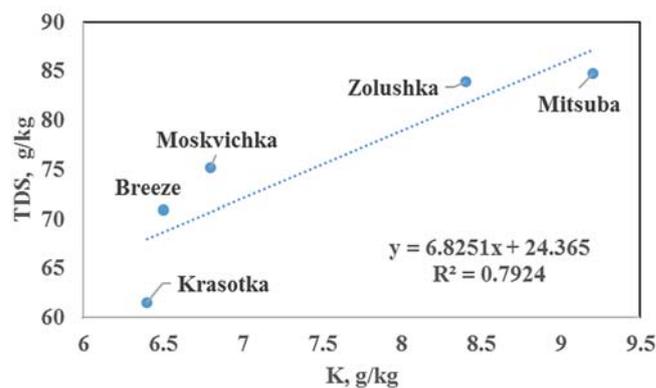


Figure 1. Relationship between TDS and K in parsley leaves fortified with Se ( $r=+0.890$ ;  $P<0.01$ )

In a whole one can indicate significant inter-varietal differences in plants response to Se supplementation, the most sensitive being Zolushka and Mitsuba.

icant variations in plants sensitivity to Se supply indicate the necessity of further investigations.

Literature data indicate that the effect of Se on K accumulation depends on the dose applied and may be both positive or negative [28]. Mitsuba and parsley varieties differed significantly on the Se effect: increase in TDS was registered only for Zolushka (1.79) and Mitsuba (1.20 times), while K accumulation due to Se application increased only in Moskvichka, Zolushka and Mitsuba plants (1.21; 1.38 and 1.56 times accordingly). No statistically significant differences were recorded for TDS of control and Se fortified leafy parsley while lack of K changes was indicated for Breeze and Krasotka cultivars. The results also indicate that K plays the dominant role in TDS value of plants fortified with Se (Fig. 2).

### Antioxidant status of plants

#### Photosynthetic pigments

Up-to-date no comparison has been achieved on the Se effect of photosynthetic pigments accumulation by parsley

Table 2. Potassium, nitrates and total dissolved solids content in control and Se-biofortified parsley leaves ( $\text{g Kg}^{-1} \text{ d.w.}$ )

Variety	Treatment	K	TDS	Nitrates
Breeze	Control	6.2±0.3a	70.9±6.5a	3.3±0.3a
	Se	6.5±0.3a	65.6±6.1a	3.1±0.1a
Moskvichka	Control	5.6±0.2b	75.2±6.0ad	3.9±0.2bf
	Se	6.8 ±0.4a	68.8±6.2a	3.7±0.1b
Krasotka	Control	6.3±0.3a	56.1±4.9b	2.8±0.1d
	Se	6.4±0.3a	61.5±5.0b	2.1±0.1c
Zolushka	Control	6.1±0.3a	47.1±1.8c	3.5±0.1e
	Se	8.4±0.5c	84.0±1.6d	3.4±0.2a
Mean	Control	6.05	62.3	33.8
	Se	7.03	70.0	30.8
Mitsuba	Control	5.9±0.3a	70.5±4.5a	4.3±0.2f
	Se	9.2±0.5c	84.7±1.6d	3.8±0.2b

Values in columns with similar letter do not differ statistically according to Duncan test at  $P<0.05$

Table 3. Interspecies and intervarietal differences in photosynthetic pigments accumulation by parsley of control and Se-biofortified plants

Variety	Treatment	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll content	Chl a/Chl b	Carotene
Breeze	Control	1.65±0.10bc	0.93±0.07a	2.58	1.77	0.25±0.02a
	Se	1.98±0.11a	1.08±0.09ac	3.06	1.83	0.29±0.02ab
Moskvichka	Control	1.52±0.09cd	0.91±0.08ab	2.43	1.67	0.31±0.02b
	Se	1.76±0.10b	1.08±0.09ac	2.84	1.63	0.30±0.02b
Krasotka	Control	1.40±0.09d	0.81±0.06b	2.21	1.73	0.25±0.02a
	Se	2.15±0.16ae	1.23±0.09cd	3.38	1.75	0.36±0.02c
Zolushka	Control	2.24±0.16e	1.21±0.08cd	3.45	1.85	0.27±0.02a
	Se	2.24±0.16e	1.30±0.08de	3.54	1.72	0.40±0.02c
Mean	Control	1.70	0.965	2.67	1.76	0.27
	Se	2.03	1.17	3.21	1.74	0.34
Mitsuba	Control	2.25±0.16e	1.40±0.09ef	3.65	1.61	0.46±0.02d
	Se	2.60±0.17e	1.52±0.10f	4.12	1.71	0.49±0.02d

Values in columns with similar letter do not differ statistically according to Duncan test at P<0.05

and Mitsuba. In general, it is well known that exogenous Se application could enhance photosynthetic capacity of plants [29], especially under different biotic stress, such as cold, drought and salt stress [30,31]. In field conditions without significant environmental stress we have registered important inter varietal differences in plants response of Se supplementation (Table 3). Thus, among cultivars studied leafy (Breeze, Moskvichka) and curly (Krasotka) parsley varieties demonstrated an increase in chlorophyll a content, while an increase in chlorophyll b concentrations was registered only for Krasotka curly parsley. In general, Zolushka and Mitsuba were characterized by higher total chlorophyll content compared to Breeze, Moskvichka and Krasotka cul-

tivars. And Se treatment increased total chlorophyll content only in Krasotka plants.

The amount of carotenoids varied from 0.25 to 0.46 mg g<sup>-1</sup>, Interesting, but increase in carotene content as a result of Se treatment was most significant only for Krasotka and Zolushka leaves. The results are in accordance with the known fact that genotype affect carotenoids and chlorophyll accumulation in parsley leaves [32] and that Se participates in photosynthetically active pigments biosynthesis increasing their content [33].

Higher levels of photosynthetic pigments were registered in Mitsuba leaves compared to leafy, root and curly parsley. Se supplementation provided a small increase in

Table 4. Leaves antioxidant status of parsley fortified and non fortified with selenium

Variety	Treatment	AA	AOA	TP	FI	Se		
		Mg mg 100 g <sup>-1</sup> d.w.	Mg-GAE g <sup>-1</sup> d.w.		Mg-eq mg-eq Q g <sup>-1</sup>	Content, mg Kg <sup>-1</sup> d.w.	Fortification level	Water soluble, %
Breeze	Control	376a	51.7a	7.5a	15.6ac	0.141±0.011cd	92.0	49.8
	Se	397a	51.7a	7.4a	16.6a	12.98±1.20a		
Moskvichka	Control	401a	43.5b	7.3a	15.3ac	0.149±0.010c	74.4	51.1
	Se	406a	44.4b	11.5b	16.5a	11.08±1.01a		
Krasotka	Control	393a	68.5c	10.2b	21.4b	0.165±0.013c	102.8	47.0
	Se	407a	65.1c	9.8bc	25.9b	16.96±1.58b		
Zolushka	Control	425a	50.9a	10.4b	21.3b	0.122±0.013d	89.5	52.9
	Se	449a	57.4ac	10.9b	22.7b	10.92±1.05a		
Mean	Control	399	53.7	8.85	18.2	0.144	89.7	50.2
	Se	415	54.7	9.90	20.4	12.99		
Mitsuba	Control	138b	45.4b	8.8 c	13.6c	0.155±0.012c	64	67.4
	Se	135b	49.6b	10.0cb	13.4c	9.89±0.63a		

AA – ascorbic acid; AOA – total antioxidant activity; TP – total phenolics; FI – flavonoids

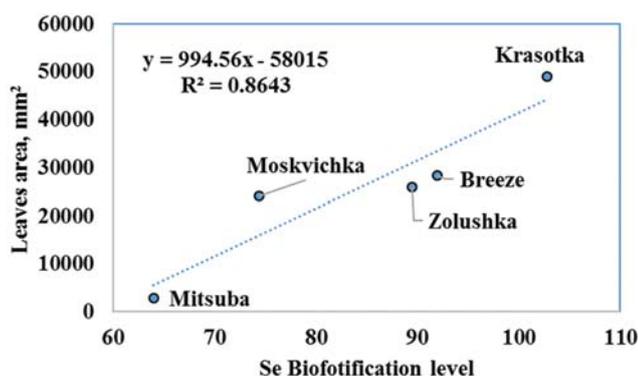


Figure 2. Relationship between Se biofortification level and total leaves area ( $r=+0.930$ ;  $P<0.01$ )

chlorophyll and carotene content (average increase reached 18-19 % and 23% accordingly). Among varieties studied Krasotka was characterized by the greatest increase in total chlorophyll content as a result of Se application (1.53 times) while the most significant increase in carotene content was registered for Krasotka and Zolushka cvs (1.44-1.48 times).

Mitsuba was characterized by higher chlorophyll and carotene content in leaves compared to parsley.

#### Ascorbic acid, polyphenols and total antioxidant activity (AOA)

Vitamin C is one of the antioxidants that suppress the ROS (reactive oxygen species) induced by stress and plays a key role in cell division and expansion [34]. In our study, the vitamin concentration value agreed with that reported in literature for parsley [35], but Japanese parsley was characterized by significantly lower levels of ascorbic acid.

It should be pointed out that according to literature data the curly-leaved parsley demonstrated higher quality (concentration of fresh and dry matter, chlorophyll,  $\beta$ -carotene and vitamin C) than plain leaved [36]. In fact, among sam-

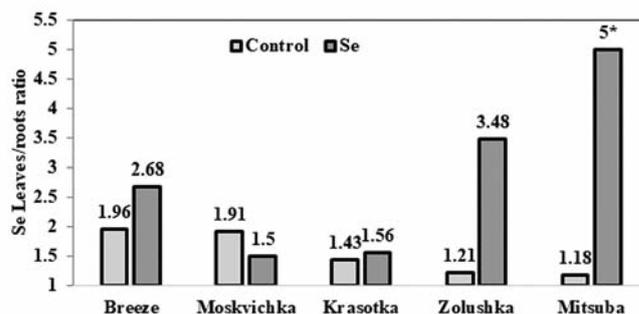


Figure 3. Inter-variety differences in Se leaves/roots ratio \*the value decreased twice

ples studied the highest total antioxidant activity (AOA), total polyphenol content (TP) and flavonoid (FI) concentration were recorded for Krasotka along with Zolushka cv. while Japanese parsley Mitsuba demonstrated the lowest levels of ascorbic acid (2.89 and 3.3 times for control and Se-fortified plants accordingly) and flavonoid content (1.34 and 1.52 time lower values accordingly) (Table 4), while the latter recorded the highest levels of chlorophyll and carotene. The revealed peculiarities should be taken into consideration for food production with elevated levels of Se and other natural antioxidants. The main phenolics in parsley as in other Apiacea plants, are: apigenin, quercetin, luteolin, and kaempferol [37].

Despite higher Se biofortification level for parsley varieties compared to Mitsuba plants mean value of water soluble Se derivatives was significantly lower in parsley than that of Mitsuba. Furthermore, biofortification value happened to be directly connected with the leaf surface area and was the highest for curly parsley Krasotka (Fig.2).

Dry fortified parsley/Mitsuba leaves may be considered as valuable spices of high Se content, as only 2 g of leaves may provide from 29 to 49 % of the adequate consumption level for Se ( $70 \mu\text{g day}^{-1}$ ). Taking into account widespread

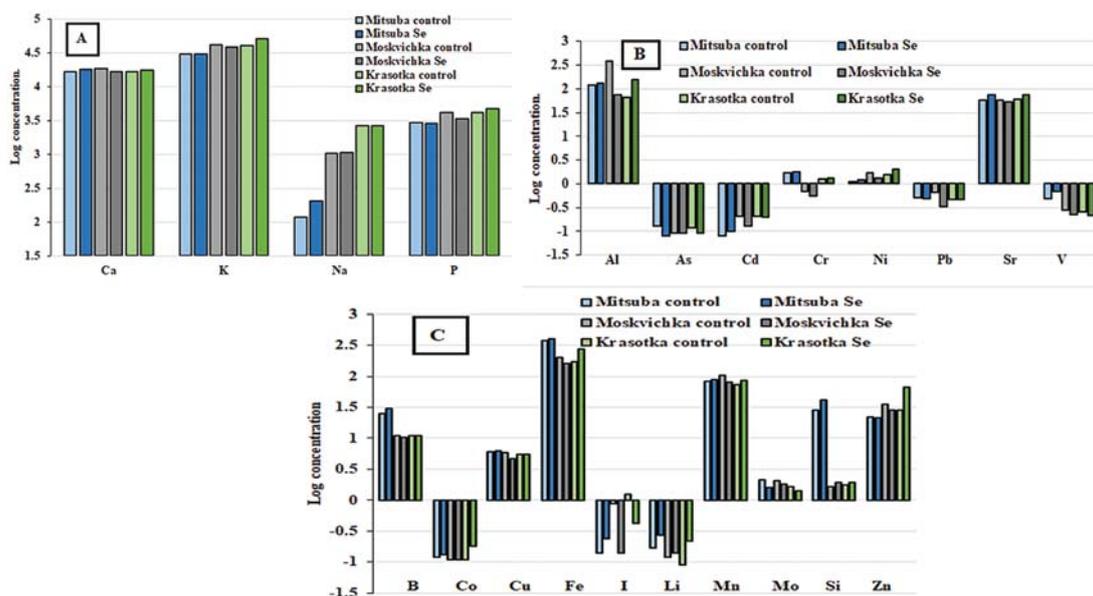


Figure 4. Effect of Se supply on mineral composition of Mitsuba, leafy parsley Moskovichka and curly parsley Krasotka. (A) – macro elements, (B) – Al, As and heavy metals and (C) – micro elements

Se deficiency among the population of many countries of the world [1] such products may become especially favorable for health maintenance and protection of human organism against different forms of oxidative stresses.

Furthermore, Se accumulation by Mitsuba recorded significantly higher levels of water soluble forms of the element, possessing higher bioavailability than insoluble ones [5]. Another peculiarity of Mitsuba plants fortified with Se is extremely high differences in Se accumulation by leaves and roots (Fig. 3). Thus, while Se leaves/roots ratios of Se parsley reached 1.5-3.48 values, this parameter in Mitsuba plants was as high as 10. The latter phenomenon seems to be rather unusual for plants fortified with selenate (Se+6), known to be eagerly transported from leaves to roots [38].

#### Mineral composition

Comparison of Mitsuba and parsley leaves mineral composition revealed that the former is characterized by lower levels of potassium, phosphorous, cadmium and especially sodium compared to leafy Moskovichka cv and curly parsley (Krasotka) (Fig.4).

On the other hand, Mitsuba is characterized by unusually high levels of boron, iron and especially silicon (Figure 4), which opens new horizons in Mitsuba medical application. Indeed, Si is valuable for plants protection against different forms of biotic and abiotic stresses [1], but in human body it strengthens bones and improves immune response, as well as neuronal and connective tissue health [39]. Reported beneficial actions of boron include arthritis alleviation or risk reduction, bone growth and maintenance, central nervous system function, can-

#### Seeds quality

Up-to-date seeds viability from Se biofortified plants was registered only for plants grown in hydroponic conditions under Se supply to nutrient solution. Thus, basil plants grown in a nutrient solution, containing 0 (control), 4 or 8 mg Se L<sup>-1</sup> as sodium selenate, to full maturity provide seeds with high amount of Se capable to be used for microgreen production enriched with Se. The antioxidant capacity of Se-fortified microgreens was higher compared to the control [41]. In the present experiment higher concentration of sodium selenate (10 mg L<sup>-1</sup>) was applied for parsley plants using foliar application.

The resulting seeds in case of biofortification contained up to 6 mg Se Kg<sup>-1</sup> d.w. The viability of these seeds was proved by the data of seeds germination energy (determined at the 10th day on sowing) and seeds germination value (determined at the 14<sup>th</sup> day of sowing) (Table 5). Though the parameters of control and Se-enriched seeds did not differ statistically one may indicate a tendency of seeds germination energy increase as a result of Se treatment. Furthermore, control and biofortified seeds demonstrated similar seeds biomass.

Higher antioxidant activity and phenolic content in Se-fortified seeds and high Se content may be of great value for their utilization as a spice of high antioxidant activity [1]. Indeed, at present vegetable seeds become more and more popular in nutrition [42], but up-to-date no attempts have been made for utilization of Se-enriched seeds.

Taking into account the antioxidant properties of Se one may also suppose higher storability of Se-enriched seeds, though the hypothesis needs to be studied further.

Table 5. Characteristics of control and biofortified parsley seeds (Moskovichka cv.)

Parameter	Control	Se
Mass of 1000 seeds, g	2.193a	2.163a
Seeds germination (14 day of exposure), %	90.5a	91.0a
Seeds germination energy (10 days of exposure), %	61.0a	68.0a
Se content, µg kg <sup>-1</sup> d.w.	149b	6170a
AOA, mg GAE g <sup>-1</sup> d.w.	53.9b	66.8a
TP, mg GAE g <sup>-1</sup> d.w.	7.7b	9.7a

Values in lines with similar letters do not differ according to Duncan test at  $p < 0.01$

cer risk reduction, hormone facilitation, and immune response, inflammation, and oxidative stress modulation [40]. Furthermore, Se supplementation stimulates accumulation of B and Si by Mitsuba 1.23 and 1.46 times accordingly, but demonstrates no effect of B, Si concentration in parsley leaves.

Data presented in Table 2 indicate also that Se beneficial effect on Al, As and heavy metals accumulation is recorded most significant by parsley Moskovichka cv with 5.09 times (Al), 1.62 times (Cd), 1.25 (Cr), 1.3 times (Ni) and 2.03 times (Pb) decrease values compared to control plants. On the contrary: Mitsuba and parsley Krasotka biofortified with Se demonstrates a decrease of only As levels, while Sr and V accumulation were enhanced by 1.30-1.28 times and 1.44-1.96 times accordingly

#### Conclusions

The present results indicate low effect of sodium selenate foliar supply on yield and biochemical parameters of parsley and Mitsuba plants, despite high biofortification levels of the element. Genetic peculiarity of Mitsuba is recorded in high accumulation levels of B, Fe and especially Si. Foliar Se biofortification of leafy, curly, root parsley and Mitsuba may provide functional products with high Se and antioxidant activity. High inter varietal differences in response of plants to Se supply indicate the significance of object choice for obtaining the highest yield and quality of the resulting spice. Nevertheless, further investigations are necessary for revealing mechanisms of Se effect regulation.

**Об авторах:**

**Виктор Александрович Харченко** – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, [kharchenkoviktor777@gmail.com](mailto:kharchenkoviktor777@gmail.com)

**Анастасия Ильинична Молдован** – м.н.с. лаборатории зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, аспирант, [nastiamoldovan@mail.ru](mailto:nastiamoldovan@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2477-1796>

**Зарема Ахметовна Амагова** – научный сотрудник

Отдела растениеводства, [amman1999@mail.ru](mailto:amman1999@mail.ru)

**Визита Х. Мацадзе** – кандидат сельскохозяйственных наук, [macaev58@mail.ru](mailto:macaev58@mail.ru)

**Надежда Александровна Голубкина** – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, автор для переписки, [segolubkina45@gmail.com](mailto:segolubkina45@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

**Джанлука Карузо** – проф., [gcaruso@unina.it](mailto:gcaruso@unina.it), <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

**About the authors:**

**Viktor A. Kharchenko** – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, [kharchenkoviktor777@gmail.com](mailto:kharchenkoviktor777@gmail.com)

**Anastasia I. Moldovan** – Graduate Student, Junior Researcher, laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, [nastiamoldovan@mail.ru](mailto:nastiamoldovan@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2477-1796>

**Zarema A. Amagova** – Researcher, Department of Crop Production, [amman1999@mail.ru](mailto:amman1999@mail.ru)

**Vizita Kh. Matsadze** – Cand. Sci. (Agriculture), [macaev58@mail.ru](mailto:macaev58@mail.ru)

**Nadezhda A. Golubkina** – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of laboratory-analytical department, Correspondence Author, [segolubkina45@gmail.com](mailto:segolubkina45@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

**Gianluca Caruso** – Dr. Sci. (Agriculture), [gcaruso@unina.it](mailto:gcaruso@unina.it), <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

## • Литература / References

- Golubkina N.A., Kharchenko V.A., Caruso G. Selenium: prospects of functional food production with high antioxidant activity Reference Series in Phytochemistry. *Plant Antioxidants and Health*, edited by H Ekiert, K. G. Ramawat, J Arora 2021, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45299-5\\_3-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45299-5_3-1)
- El-Ramady H., Faizy S.E.-D., Abdalla N., Taha H., Dömökös-Szabolcsy E., Fari M., Elsakhawy T., Omara A.E.-D., Shalaby T., Bayoumi Y., Shehata S., Geiffus C.-M., Brevik E.C. 'Selenium and Nano-Selenium Biofortification for Human Health: Opportunities and Challenges' *Soil System*. 2020;4:article 57. doi:10.3390/soilsystems4030057
- Golubkina N., Moldovan A., Kekina H., Kharchenko V., Sekara A., Vasileva V., Skrypnik L., Tallarita A., Caruso, G. Joint Biofortification of Plants with Selenium and Iodine: New Field of Discoveries. *Plants*. 2021;10:article 1352. <https://doi.org/10.3390/plants10071352>
- Schiavon M.S., Nardi F., Dalla Vecchia A. Ertani Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition. *Plant Soil*. 2020;16:1–26. doi: 10.1007/s11104-020-04635-9
- Golubkina N., Papazyan T. Selenium in nutrition. Plants, animals, human beings. Moscow, Pechatny Gorod, 2006.
- Trippie III R.C., Pilon-Smits E.A.H. Selenium transport and metabolism in plants: Phytoremediation and biofortification implications. *J Hazard Mater*. 2021;404:124178. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124178
- Moulick D., Ghosh D., Santra S.C. Evaluation of effectiveness of seed priming with selenium in rice during germination under arsenic stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2016;109:571-578. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.11.004>
- Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants antioxidants and methods of their determination. *Infra-M-2020-Moscow*
- Cebecioglu R., Yildirim M., Akagunduz D., Catal T. Synergistic effects of quercetin and selenium on oxidative stress in endometrial adenocarcinoma cells. *Bratistava Medical Journal*. 2019;120(06):449-455. DOI: 10.4149/BLL\_2019\_072
- Papuc C., Predescu C., Nicorescu V., Steefan G., Nicorescu I. Antioxidant Properties of a Parsley (*Petroselinum crispum*) Juice Rich in Polyphenols and Nitrites. 1st International Multidisciplinary Conference on Nutraceuticals and Functional Foods *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2016;4(SI.2):114-118. doi: <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue-October.15>
- Pennington J.A.T., Church H.N. Bowes and church's food values of portions commonly used. 14. Pennsylvania: Lippincott, Williams and Wilkins; 1985.
- Kmieciak W., Lisiewska Z. Comparison of leaf yields and chemical composition of the Hamburg and leafy types of parsley. I. Leaf yields and their structure. *Folia Hort*. 1999;11:53-64.
- Sellar W. The Directory of Essential Oils (Reprint ed.). C.W. Daniel Co. Ltd Paperback 2001; 191 pages ISBN: 0852073461
- Sidra M., Shahzad H., Farnaz M. Review Critique of medicinal conspicuousness of parsley (*P. crispum*): A culinary herb of Mediterranean region. *Pak J Pharm Sci*. 2014;27(1):193–202.
- Tang E.L.-H., Rajarajeswaran J., Fung S.Y., Kanthimathi M.S. *Petroselinum crispum* has antioxidant properties, protects against DNA damage and inhibits proliferation and migration of cancer cells. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015;85:2763-2771. DOI 10.1002/jsfa.7078
- Al-Daraji J.H., Al-Mashadani H.A., Mirza H.A., Al-Hassani A.S., Hayani W.K. The effect of utilization of parsley (*P. crispum*) in local iraqi geese diets on blood biochemistry. *J Am Sci*. 2012;8(8):402–407. ISSN: 1545-1003
- Hempel J., Pforte H., Raab B., Engst W., Böhm H., Jacobasch G. Flavonols and flavones of parsley cell suspension culture change the anti-oxidative capacity of plasma in rats. *Nahrung*. 1999;43(3):201–204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(19990601\)43:3<201](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(19990601)43:3<201)
- Eliasia I. The antioxidant potential of parsley and its constituents. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*. 2010;3(076). DOI: 10.1079/PAVSNR20083076
- Mazej D., Osvald J., Stibilj V. Selenium species in leaves of chicory, dandelion, lamb's lettuce and parsley. *Food Chemistry*. 2008;107(1):75-83. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.036
- Ogita T., Manaois R.V., Wakagi M., Oki T., Ishikawa Y.T., Watanabe J. Identification and evaluation of antioxidants in Japanese parsley. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2016;67(4). DOI: 10.3109/09637486.2016.1170770
- Association Official Analytical Chemists (AOAC). The Official Methods of Analysis of AOAC International; 22 Vitamin C; AOAC: Rockville, MD, USA, 2012.
- Da Silva L.A.L., Pezzini B.R., Soares L. Spectrophotometric determination of the total flavonoid content in *Ocimum basilicum* L. (*Lamiaceae*) leaves. *Pharmacogn. Mag.* 2015;11:96–101. doi:10.4103/0973-1296.14972.
- Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bi membranes. *Methods in Enzymology*. 1987;148:350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).
- Alfthan, G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal. Chim. Acta*. 1984;65:187–194. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)85199-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)85199-5).
- Mor F., Sahindokuyucu F., Erdogan N. Nitrate and Nitrite Contents of Some Vegetables Consumed in South Province of Turkey. *J. Anim. Veter. Adv.* 2010;9: 013-2016
- Hord N.G., Tang Y., Bryan N.S. Food sources of nitrates and nitrites: the physiological context for potential health benefits. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009;90(1):1–10. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131>
- Bian Z., Lei B., Cheng R.-F., Wang Y., Li T., Yang Selenium distribution and nitrate metabolism in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.) Effects of selenium forms and light spectra. *J. Integr. Agr.* 2020;19(1):133-144. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62775-9
- Astaneh R.K., Bolandnazar S., Nahandi F.Z., Oustan S. The effects of selenium on some physiological traits and K, Na concentration of garlic (*Allium sativum* L.) under NaCl stress *Inform. Proc. Agr.* 2018;5(1):156-161. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.09.003>
- Sal A., Zeka D., Fetahu S., Kaul H.-P. Selenium supply affects chlorophyll concentration and biomass production of maize (*Zea mays* L.). *Bodenkultur*. 2018;69(4):249-255. DOI: 10.2478/boku-2018-0021
- Feng R., Wei C., Tu S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Env. Exper. Bot.* 2013;87:58–68. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.09.002>
- Zhang M., Tang S., Huang X., Zhang F., Pang Y., Huang Q.Y., Yi Q. Selenium uptake, 450 dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). *Env. Exper. Bot.* 2014;107:39–45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.05.005>
- Novac T. Content of nitrates and pigments in leaves of some parsley cultivars grown in greenhouse. *Bulletin UASVM Horticulture*. 2011;68:261–264. DOI: <http://dx.doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:6960>
- Yao X., Chu J., Wang G. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biol. Trace Elem. Res.* 2009;130:283–290. DOI 10.1007/s12011-009-8328-7
- Kato N., Esaka M. Changes in ascorbate oxidase gene expression and ascorbate levels in cell division and cell elongation in tobacco cells. *Physiol Plant*. 1999;105:321–329. doi: 10.1034/j.1399-3054.1999.105218.x
- Mordy A., Atta A. Effect of nickel addition on the yield and quality of parsley leaves. *Sci Hortic*. 1999;82:9–24. doi: 10.1016/S0304-4238(99)00032-1
- Najila S., Sanoubar R., Murshed R. Morphological and biochemical changes in two parsley varieties upon water stress. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2012;18(2):133–139. doi: 10.1007/s12298-012-0105-y
- Peterson S., Lampe J.W., Bammler T.K., Gross-Steinmeyer K., Eaton D.L. Apioaceous vegetable constituents inhibit human cytochrome P-450 1A2 (hCYP1A2) activity and hCYP1A2-mediated mutagenicity of aflatoxin B<sub>1</sub>. *Food Chem. Toxicol.* 2006;44:1474–1484. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.04.010>
- White P.J. Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany*. 2016;117(2):217–235. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv180>
- Farooq M.A., Dietz K.-J. Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood. *Front. Plant Sci.* 2015;6:994. doi: 10.3389/fpls.2015.00994
- Nielsen F.H., Meacham S.L. Growing Evidence for Human Health Benefits of Boron. *J. Evidence-based Complementary and Alternative Med.* 2011;16(3):169-180. <https://doi.org/10.1177/2156587211407638>
- Puccinelli M., Malorgio F., Rosellinic I., Pezzarossa B. Production of selenium-biofortified microgreens from selenium-enriched seeds of basil. *J. Sci. Food Agric.* 2019;99:5601–5605. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9826>
- Acimović M., Kostadinović M.L., Popović S.J., Dojčinović N.S. Apiaceae seeds as functional food. *J. Agr. Sci.* 2015;60:237–246. DOI: 10.2298/JAS1503237A

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-73-79>  
УДК 635.64:631.531:631.171

В.П. Горобей<sup>1\*</sup>, В.Ю. Москалевич<sup>2</sup>,  
В.Ф. Пивоваров<sup>3</sup>, Л.В. Павлов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» 298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31

<sup>2</sup> Институт «Агротехнологическая академия» ФГАУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» 295492, Республика Крым, п. Аграрное

<sup>3</sup> 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: [magarach@rambler.ru](mailto:magarach@rambler.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:** Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Пивоваров В.Ф., Павлов Л.В. Исследование и создание рабочих органов устройства выделителя семян томата. *Овощи России*. 2022;(4):73-79. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-73-79>

**Поступила в редакцию:** 20.05.2022

**Принята к печати:** 15.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Vasily P. Gorobey<sup>1\*</sup>, Vadim Y. Moskalevich<sup>2</sup>,  
Viktor F. Pivovarov<sup>3</sup>, Leonid V. Pavlov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" RAS" 31, Kirova str., Yalta, Republic of Crimea, 298600

<sup>2</sup>Institution "Agrotechnological Academy" of the V.I. Vernadsky NCFU Agrarian village, Yalta, Republic of Crimea, 295492

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

\*Corresponding author: [magarach@rambler.ru](mailto:magarach@rambler.ru)

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

**Author contributions:** 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:** Gorobey V.P., Moskalevich V.Y., Pivovarov V.F., Pavlov L.V. Research and creation of working organs of the tomato seed separator device. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):73-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-73-79>

**Received:** 20.05.2022

**Accepted for publication:** 15.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Исследование и создание рабочих органов устройства выделителя семян томата



## Резюме

**Актуальность.** В получении высокого урожая овощных культур хорошего качества важную роль играют семена. Селекционеры обычно имеют дело с большим количеством образцов. Для изучения исходного материала семена высевают для выращивания рассады. На выделение вручную из партии образца массой 10 кг затрачивается в среднем ½ часа сменного времени. В настоящее время достаточно работоспособных устройств для выделения семян томата из партий с малыми массами до 100 кг не имеется. Задача исследований по механизации заключается в повышении эффективности устройства выделения семян томата за счет определения типа рабочих органов, значения оптимальных масс образцов, извлечение семян из которых является экономически и технически целесообразным.

**Материал и методика.** Экспериментальные исследования проводили с целью изыскания конструктивных решений рабочих органов устройства выделителя семян томата, исследование их работоспособности и определения оптимальных параметров и режимов работы. Программа исследований включала: исследование производительности макета и трудоемкости его обслуживания; исследование качественных показателей, в том числе потери, засоренность, повреждаемость семян; исследование режимов рабочих органов, в том числе число оборотов бичевого вала, зазоры между бичами и решетом, угол опережения бичей; оценка удобства очистки и визуального осмотра всех поверхностей деталей, соприкасающихся с семенами; анализ преимуществ и недостатков конструкции сетчатых барабанов, бичей, механизмов стопорения полуцилиндров, работу откидывающегося совместно с бункером ограждения.

**Результаты.** В результате исследований установлено, что рабочие органы барабанно-бичевого типа экономически целесообразны к использованию в устройствах выделения семян томата при массе образцов не менее 100 кг (т.е. преимущественно в первичном и элитном семеноводстве), в связи с тем, что время на разборку, очистку и сборку рабочих органов составляет 95% цикла (например, для образцов массой 10 кг). Засоренность семян соответствует требованиям, дробление не наблюдалось.

**Ключевые слова:** томат, селекция, семена, выделение, сепаратор, устройство, рабочий орган, нож, бич, шнек, сетчатый барабан

# Research and creation of working organs of the tomato seed separator device

## Abstract

**Relevance.** Seeds play an important role in obtaining a high yield of vegetable crops of good quality. Breeders usually deal with a large number of samples. To study the source material, the seeds of the samples are sown in boxes with soil for growing seedlings or in collection nurseries of experimental stations and research institutions. It takes an average of ½ hour of shift time to manually extract a sample weighing 10 kg from a batch. Currently, there are no sufficiently efficient devices for isolating tomato seeds from batches of samples with small weights up to 100 kg. The task of research on mechanization is to increase the efficiency of the tomato seed extraction device by improving the working bodies, determining the value of the optimal mass of samples, the extraction of seeds from which is economically and technically feasible.

**Material and methodology.** Experimental studies were conducted in order to find constructive solutions for working bodies, study their operability and determine optimal parameters and operating modes. The research program included: a study of the productivity of the layout and the complexity of its maintenance; a study of qualitative indicators, including seed loss, seed clogging, seed damage; a study of the modes of working bodies, including the number of revolutions of the whip shaft, gaps between the whips and the sieve, the angle of advance of the whips; an assessment of the convenience of cleaning and visual inspection of all surfaces of parts, in contact with seeds; analysis of the advantages and disadvantages of the design of mesh drums, scourges, mechanisms for locking semi-cylinders, the work of the fence that reclines together with the hopper.

**Results.** As a result of the research, it was found that drum-and-whip type working organs are economically feasible for use in tomato seed extraction devices with a sample weight of at least 100 kg (i.e. mainly in primary and elite seed production), due to the fact that the time for disassembly, cleaning and assembly of working organs is 95% of the cycle (for example for samples weighing 10 kg). The clogging of the seeds meets the requirements, crushing was not observed.

**Keywords:** tomato, selection, seeds, isolation, separator, device, working organ, knife, whip, auger, mesh drum

**В**ускорении развития сельскохозяйственного производства большое значение имеет селекционная работа. Одной из задач при создании новых сортов томата является выделение семян из томатов селекционных участков и участков элитного семеноводства. Семеноводство овощных культур сложно и трудоемко. Некоторые технологические процессы не отработаны в производственных условиях. Высокий уровень производства семян овощных культур может быть достигнут только при комплексной механизации всех технологических процессов и высоком уровне агротехники. В связи с большим разнообразием технологических процессов производства семян необходимо применять механизацию с учетом биологических и агротехнических особенностей культуры [1].

Плод томата – многогнездная, многосемянная, сочная ягода, имеющая, в зависимости от сорта, различные форму, размер, поверхность и окраску. Плоды могут быть малокамерными (2-5 камер) и многокамерными (6-8). Семенные камеры заполнены пульпой – разросшейся плацентарной тканью. По форме плоды бывают плоскими, плоскоокруглыми, овальными, грушевидными, перцевидными. Поверхность – от гладкой до ребристой. Семена сплюснутые, треугольно-почковидные, густоопушенные, серовато-желтые или темно-бурые. В 1 г крупноплодных сортов и гибридов содержится 200-300 семян, мелкоплодных – 400-500. Всхожесть их сохраняется 4-5 лет и более [2].

Известно, что, в связи с широкой областью применения продуктов переработки плодов бахчевых культур, различают три основных направления переработки плодов: на технические цели, на семенной материал и комплексная переработка. Каждое из этих направлений подразделяется на ряд операций (мойка плодов, очистка от коры, выделение семян, разделение на фракции), но наиболее сложной и трудоемкой операцией из этого ряда является выделение семян. Процесс выделения семян из плодов можно представить в виде трех операций: разрушение плода, отделение семян от плаценты мякоти и коры, и отделение семян от остатков плаценты [3,4].

Известна машина классической конструкции для выделения семян из плодов томата и подобных растений с применением цилиндрического погруженного в воду решета, по которому перемещаются отходы томата с семенами, разрыхляемые действием лопастей шнека с усовершенствованными параметрами для разгрузки твердой фазы [5].

В настоящее время предложены линии [6,7] для достижения наилучших качественных показателей при переработке плодов тыквы в оптимальные агротехнические сроки, в том числе конструктивные технические решения, перспективные для модернизации устройств выделения семян томатов с использованием верхнего в виде бесконечной ленты и нижнего в виде замкнутого цепного контура транспортеров, рабочая ветвь верхнего-подпружинена роликами, а нижний состоит из транспортных ячеек с катушками [8], что обеспечивает выделение семян без повреждений с минимальными потерями из плодов тыквы любой формы, а также одноступенчатый выделитель семян бахчевых культур, исключаящий потерю семян и обеспечивающий их чистоту [9].

Выделение семян томата образцов массой до 100 кг производится вручную, а массой свыше 100 кг – на маши-

нах ВСТ-1,5А. Выделитель семян ВСТ-1,5А состоит из приемника, бункера, дробильного ножа, верхнего и нижнего протирочных аппаратов, поддона, насоса, электродвигателя и станины. Промытые в моечной машине плоды томата попадают в бункер выделителя семян, где они дробятся лопастями вращающегося дробильного ножа. Раздробленная масса поступает в верхний протирочный аппарат, состоящий из двухбильного барабана и решета с отверстиями диаметром 4 мм. Масса перетирается вращающимися билами; семена, мезга и томатный сок проходят через решето в нижний протирочный барабан, а кожура и плодоножки выходят через лоток в тару. Нижний протирочный аппарат состоит из двухбильного барабана и решета с отверстиями диаметром 1,5 мм. Поступающая в аппарат пульпа перетирается вторично, томатный сок процеживается через решето, стекает в поддон и шестеренчатым насосом перекачивается в посуду. Семена и мезга по лотку выходят в ящики, выложенные редкой мешковиной. Выделенные семена отжимают, промывают водой и сушат. В терочных аппаратах били располагают под углом 3-5° к оси барабанов. Увеличение углов способствует более быстрому продвижению массы вдоль цилиндров. Радиальный зазор между билами и решетом устанавливают в передней части 6-7 мм, на выходе 3-4 мм. Рабочие механизмы приводятся в движение от электродвигателя мощностью 2,8 кВт. Производительность 1,5-2,0 т/ч. Число оборотов дробильного ножа и протирочных барабанов 460 в минуту. Число оборотов насоса 1185 в минуту [10].

Выделитель семян томата ВСТ-0,5[11,12] предназначен для извлечения семян из образцов (селекционных номеров) на третьем и четвертом этапах работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве. Состоит из двух кинематических независимых устройств: сепаратора и семьявыделителя. Сепаратор предназначен для дробления плодов томатов и отделения семян и сока от кожицы. Состоит из рамы, вала-бича, сита, стойки, крышек торцевой и с бункером, сборника, кожура, подставки. Диаметр отверстия сита 5 мм. Семьявыделитель предназначен для выделения семян из сока. Его конструкция аналогична конструкции сепаратора, за исключением шнека и бича (выполненные укороченными и установлены на одном валу). Привод вала-бича осуществляется от двигателя через клиноременную передачу. Сито также выполнено укороченным, имеет перфорацию с диаметром отверстия 1,2 мм по всей поверхности цилиндра. Перерабатываемые плоды загружают в бункер сепаратора, откуда они под действием собственной массы попадают во внутреннюю полость сита, где подхватываются шнеком, дробятся и транспортируются в зону бича. Вращающийся бич отбрасывает дробленый продукт на стенки сита. Благодаря центробежной силе, семена и сок проходят через отверстие в сите, собираются в сборнике и стекают по лотку в горловину семьявыделителя. Твердые отходы (кожица и клетчатка) перемещаются бичом вдоль сита и выводятся из сепаратора через патрубок крышки. Сок с семенами самотеком через горловину поступает во внутреннюю полость сита семьявыделителя и шнеком прокачивается в зону бича. Сок проходит через отверстия сита, собирается в сборнике и по патрубку выводится за пределы семьявыделителя. Семена имеют большие размеры по сравнению с отверстиями в сите, поэтому они перемещаются бичом и

выводятся из семявыделителя через патрубок в подставленную тару. Производительность и полнота выделения семян из исходного сырья регулируются изменением угла наклона бича (угол опережения). Привод стационарный, от трех электродвигателей. Все узлы и детали, соприкасающиеся с продуктом, имеют свободный доступ.

Для подготовки элитных семян используют эти машины, а также разработки научно-исследовательского института овощных культур «Марица» (город Пловдив, Болгария) [13], а также переработкой томата с получением семян в технологической линии выделения и доработки семян томата Венгерского экспериментального института [14]. Известно техническое решение потоково-технологической линии для выделения семян томата ЛСТ-10 производительностью 10 т/час, разработанной Главным специализированным конструкторским бюро по машинам и оборудованию для овощеводства [15]. Линия ЛСТ-10 осуществляет прием и мойку плодов, выделение семян и сока, сушку и шлифовку семян. Функционально линия обеспечивает только выделения семян, а завершение переработки отделенной пульпы осуществляется на другом консервном предприятии.

Селекционеры обычно имеют дело с семенами большого количества образцов томата. На выделение вручную из партии образца массой 10 кг затрачивается в среднем  $\frac{1}{2}$  часа сменного времени. В настоящее время достаточно работоспособных устройств для выделения семян томата из партий образцов с малыми массами (до 100 кг) не имеется.

**Цель исследований** заключается в повышении эффективности устройства выделения семян томатов за счет совершенствования рабочих органов, определения значения оптимальных масс образцов, извлечение семян из которых является экономически и технически целесообразным.

### Материал и методы исследований

Механизация извлечения семян из плодов томата должна производиться по следующей технологической схеме:

- раздавливание плодов;
- измельчение мякоти и кожицы до образования однородной массы с одновременным отделением сока и семян;
- протирка смеси сока и семян с одновременным отделением семян от сока.

При анализе принципиально возможных схем выделителя семян томатов следует исходить из следующих основных требований, вытекающих из современного состояния механизации извлечения семян из плодов томатов. Выделитель должен обеспечивать возможность обработки большого количества образцов различных масс от трёх килограммов. Из опыта селекционной работы следует, что меньшие по массе образцы необходимо обработать в большем количестве. Среднее количество томатов массой 3 кг за сезон в одном учреждении составляет 800 шт. Количество образцов со средней массой 250 кг составляет в среднем 100 шт. в сезон. Максимально допустимые потери должны составлять 5%. Смешивание семян недопустимо. Следовательно, необходимо создать рабочие органы, которые отвечали бы следующим требованиям:

- быстро и легко разбирались и собирались для подготовки и обработки следующего образца;
- легко и быстро очищались от остатков семян, например, с помощью воды из водопроводного шланга;
- не имели труднодоступных мест для промывки от семян предыдущей партии;
- хорошо просматривались по всей поверхности рабочих органов и продуктопроводов для обнаружения оставшихся семян;
- имели простую конструкцию;
- обеспечили производительность при непрерывной загрузке не менее 250 кг в час, а при массе образца 10 кг – не менее 15 образцов.

Предложен макет, состоящий из сепаратора с диаметром барабана 150 мм и диаметром перфорации 5 мм, без мялки. В барабане на шарикоподшипниках установлен бичевой вал со шнековой дробилкой, пропеллером и двумя парами бичей. Одна пара бичей имеет неизменный угол опережения, другая – регулируемый. Из сепаратора сок и семена поступает в семявыделитель, а кожица и мякоть удаляется через окно в задней стенке.

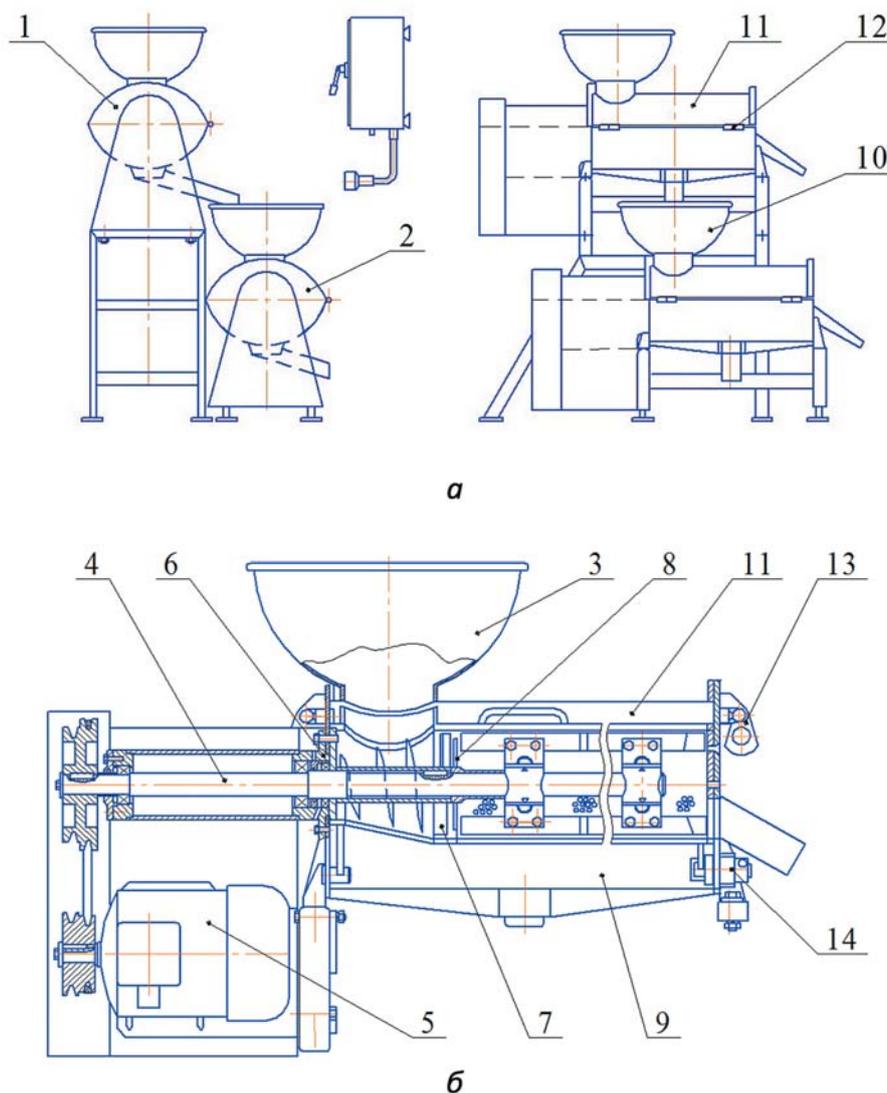
Семявыделитель имеет такую же принципиальную конструкцию, что и сепаратор, но диаметр перфорации равен 2 мм. Барабаны выполнены из двух разъемных полуцилиндров с возможностью легкого и быстрого съема и установки на неподвижные щеки.

Экспериментальные исследования проводились с целью изыскания конструктивных решений рабочих органов, исследование их работоспособности и определения оптимальных параметров и режимов работы. Программа исследований включала: исследование производительности макета и трудоемкости его обслуживания; исследование качественных показателей, в том числе потери семян, засоренность семян, повреждаемость семян; исследование режимов рабочих органов, в том числе число оборотов бичевого вала, зазоры между бичами и решетом, угол опережения бичей; оценка удобства очистки и визуального осмотра всех поверхностей деталей, соприкасающихся с семенами; анализ преимуществ и недостатков конструкции сетчатых барабанов, бичей, механизмов стопорения полуцилиндров, работу откидывающегося совместно с бункером ограждения.

### Результаты и обсуждение

Конструктивные узлы макета устройства для выделения семян томатов представлены на схемах макета для выделения семян томата на рис. 1: а – компоновочная схема устройства макета в сборе: 1 – сепаратор, 2 – семявыделитель; б – устройство сепаратора, на рис.2 – общий вид унифицированного корпуса основных блоков устройства, состоящего из сепаратора и семявыделителя.

Сепаратор 1 (рис. 1, а) установлен на станине. Семявыделитель 2 выполнен такой же конструкции, как и сепаратор 1, отличающийся размером перфорации решет (диаметр отверстий равен 2 мм). Семявыделитель 2 установлен ниже сепаратора 1 таким образом, что сок с семенами из сборника сепаратора поступает самотеком в приемный бункер семявыделителя. Сепаратор 1 и семявыделитель 2 выполнены с индивидуальными приводами от электродвигателей через клиноременную передачу.



**Рис. 1. Схемы макета для выделения семян томата:**

**а – компоновочная схема сепаратора и семявыделителя в сборе; б – устройство сепаратора**

**Fig. 1. Layout diagrams for tomato seed extraction:**

**a – layout diagram of the separator and seed separator assembly; b – separator device**

Работа устройства осуществляется в следующей последовательности. В бункер 3 сепаратора 1 загружаются предварительно промытые плоды томата. При вращении бичевого вала 4 от электродвигателя 5 плоды разрушаются с помощью шнека 6 и предварительно перетираются между пропеллером 7 и неподвижной перегородкой 8. Перетертое сырье подхватывается вращающимися бичами и приводятся во вращательное движение по стенкам решетчатого барабана. Таким образом, производится силовое воздействие на продукт центробежной силой, величина которой при переработке томатов достигает многократного веса продукта. При этом жидкая фаза, пройдя через отверстия на решетчатом барабане, стекает в сборник 9 и через бункер 10 попадает в семявыделитель, а твердая фракция (кожица и прилегающая клетчатка) выбрасывается через окно в задней стенке в отходы. В семявыделителе 2 жидкая фракция (сок с семенами) подхватывается вновь бичами, перетирается и через отверстия перфорации выбрасывается сок, а семена удаляются через окно в задней стенке.

По окончании обработки образца томата каждый узел, сепаратор и семявыделитель подвергаются раз-

борке с целью удаления оставшихся семян обработанного образца. При разборке ограждение 11 освобождают от защелок, поворачивают вокруг неподвижного шарнира 12 и откидывают в сторону. Поворотом эксцентрика 13 механизмы фиксации освобождают полуцилиндры 3 и последние под действием пружинных выталкивателей поворачиваются до упора и вручную снимаются с опор. В результате все детали, соприкасающиеся с семенами плодов, оказываются открытыми и доступными для промывки, очистки от оставшихся семян и осмотра. После промывки и очистки производят сборку барабанов в обратном порядке. При повороте одного из полуцилиндров благодаря зубчатой передаче 14 второй полуцилиндр также автоматически поворачивается до упора. Поворотом эксцентрика 13 сетчатые полуцилиндры, охватывающие рабочие органы, фиксируются стопорами в рабочем положении. Ограждение 11 поворачивают вокруг неподвижного шарнира в исходное положение. Очистку рабочих поверхностей производят струей воды из шланга, подключенного к водопроводу. Оставшиеся семена удаляют с помощью ветоши.



Рис. 2. Общий вид унифицированного корпуса основных блоков макета устройства:  
1 – рама; 2 – шкив вала привода рабочих органов; 3

– откидное ограждение рабочей камеры; 4 – эксцентрик; 5 – полуцилиндр, 6 – лоток

Fig. 2. General view of the unified housing of the main blocks of the device layout:

1 – frame; 2 – pulley of the drive shaft of the working bodies;

3 – folding guard of the working chamber; 4 – eccentric; 5 – semi-cylinder, 6 – tray

Исследование производительности работы макета проводилось при двух режимах загрузки:

- при загрузке образцов массой 5 кг с последующим пересчетом на образец массой 10 кг;
- при непрерывной загрузке.

Данные затраты времени на обработку образцов массой 5 кг (с учетом разборки, очистки и сборки перед обработкой каждого образца) приведены в табл. 1.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что наибольшую долю в общих затратах времени на обработку образцов массой 5 кг составляет время на подготовку макета к обработке следующего образца, в котором продолжительность очистки занимает 91%. При этом время работы семявыделителя составляет 62% продолжительности чистой работы.

Производительность макета выделителя семян томата в пересчете на образцы массой 10 кг составляет 8 образцов в час. Она связана с основными операциями цикла, в том числе операцией ожидания истечения остатков семян – 4,5%, разборки – 1,5%, очистки – 88%, сборки – 6%.

Продолжительность непосредственного выделения семян составляет всего 8% времени обработки образца массой 10 кг на операцию.

Производительность выделителя при обработке образцов массой 100 кг составляет около 3 образцов в час. При этом доля времени непосредственного выделения семян составляет 44% от общего времени, затрачиваемого на обработку одного образца и подготовки макета к обработке следующего образца.

При выделении семян вручную (ванна, марля) на обработку образца массой 10 кг затрачивается 120 минут, а массой 100 кг – 20 часов. В этом случае выделение семян на макете осуществляется в 95 раз производительней, чем вручную, и экономически оправдано, потери составляют 5%.

Исследование качественных показателей по потере семян, засоренности и повреждаемости производилось на образцах 10; 20; 30; 40 и 50 кг в трехкратной повторности. Результаты исследований приведены в таблицах 2-4.

Таблица 1. Затраты времени на обработку, разборку, очистку и сборку макета к следующему образцу  
Table 1. Time spent on processing, disassembly, cleaning and assembly of the layout for the following sample

Повторность	Масса образца, кг	Время чистой работы в секундах (с учетом ожидания самотека)			Время подготовки к следующему опыту, с			
		сепаратор	семявыделитель	общее время	время разборки	время очистки	время сборки	общее время
1	5	50	80	130	8	320	28	356
2	5	55	91	146	8	360	26	394
3	5	48	78	126	7	400	30	437
Сумма	15	153	249	402	23	1080	84	1187
Среднее	5	51	83	134	8	360	28	396
Стандартное отклонение	0	4	7	11	1	40	2	41
Коэффициент вариации, %	0	8	8	8	13	11	7	10

Таблица 2. Ведомость определения потерь семян томата при переработке на макете образца плодов сорта Молдавский ранний массой 10 кг  
Table 2. Statement of the determination of tomato seed losses during processing on the layout of Moldavian early fruit weighing 10 kg

Место взятия пробы	Повторность						Среднее		Стандартное отклонение	
	1		2		3		количество семян, г	%	количество семян, г	%
	количество семян, г	%	количество семян, г	%	количество семян, г	%				
В мякоти	семена практически отсутствовали									
«Мертвый запас» из барабанов	11,1	17,6	13,8	22,1	12,1	18,0	12,3	19,2	1,4	2,5
В соке	12,0	19,1	11,0	17,6	13,0	19,3	12	18,7	1	0,9
Чистые семена на выходе	39,8	63,3	37,6	60,3	42,3	62,7	39,9	62,1	2,4	1,6
Всего семян	62,9	100,0	62,4	100,0	67,4	100,0	64,2	100	2,8	0

Таблица 3. Ведомость определения потерь семян томата при переработке на макете образца плодов сорта Молдавский ранний варианта массой 30 кг  
Table 3. Statement of the determination of tomato seed losses during processing on the layout of the Moldavian early variant fruit sample weighing 30 kg

Место взятия пробы	Повторность						Среднее		Стандартное отклонение	
	1		2		3		количество семян, г	%	количество семян, г	%
	количество семян, г	%	количество семян, г	%	количество семян, г	%				
В мякоти	семена практически отсутствовали									
«Мертвый запас» из барабанов	16,9	8,4	14,7	5,9	13,4	5,7	15	6,7	1,8	1,5
В соке	55,8	27,8	55,0	22,3	55,4	23,4	55,4	24,5	0,4	2,9
Чистые семена на выходе (без кожуры)	126,2	63,8	177,9	71,8	167,5	70,9	157,2	68,8	27,3	4,4
Всего семян	198,9	100,0	247,6	100,0	236,3	100,0	227,6	100	25,5	0

\*Семян с кожурой 167,2 г – 157,8 г = 9,4 г, засоренность составляет 5,6% при норме 10%.

Таблица 4. Ведомость определения потерь семян томата при переработке на макете образца плодов сорта Молдавский ранний варианта массой 50 кг  
Table 4. Statement of the determination of tomato seed losses during processing on the layout of the Moldavian early variant fruit sample weighing 50 kg

Место взятия пробы	Повторность						Среднее		Стандартное отклонение	
	1		2		3		количество семян, г	%	количество семян, г	%
	количество семян, г	%	количество семян, г	%	количество семян, г	%				
В мякоти	13,4	4,5	15,7	5,5	19,2	6,4	16,1	5,5	2,9	1
«Мертвый запас» из барабанов	31,1	10,3	19,6	6,9	22,3	7,5	24,3	8,3	6	1,8
В соке	31,0	10,3	36,7	13,0	26,2	8,8	31,3	10,7	5,3	2,1
Чистые семена на выходе (без кожуры)	225,3	74,9	211,1	74,6	231,5	77,3	222,6	75,6	10,5	1,5
Всего семян	300,8	100,0	283,1	100,0	299,2	100,0	294,4	100,0	9,8	0

Потери семян определяли в различных зонах работы выделителя: в отходах сепаратора, удаляемых через окно в правой щеке, в барабанах на внутренней стенке сепаратора и семявыделителя и на поддоне сепаратора после окончания обработки плодов, доля этих потерь колебалась от 6,6% до 19%.

### Закключение

Проведены исследования для обоснования выбора рабочих органов и улов перспективного устройства выделения семян томата селекционных партий, а

также ускорения его разработки. В результате исследований установлено, что рабочие органы барабанно-бичевого типа экономически целесообразны к использованию в устройствах выделения семян томата при массе образцов не менее 100 кг (т.е. преимущественно в первичном и элитном семеноводстве), в связи с тем, что время на разборку, очистку и сборку рабочих органов составляет 95% цикла (например, для образцов массой 10 кг). Засоренность семян соответствует требованиям, дробление семян не наблюдалось.

#### Об авторах:

**Василий Петрович Горобей** – доктор технических наук, старший научный сотрудник автор для переписки, magarach@rambler.ru, trial237@rambler.ru

**Вадим Юрьевич Москалевич** – кандидат технических наук, доцент, v\_moskalevich@mail.ru

**Виктор Федорович Пивоваров** – доктор с.-х. наук, академик РАН, научный руководитель, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

**Леонид Васильевич Павлов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, pavlov.l.v@vniissok.ru

#### About the authors:

**Vasily P. Gorobey** – Doc. Sci. (Techn.), Senior Researcher, Correspondence Author,

magarach@rambler.ru, trial237@rambler.ru

**Vadim Y. Moskalevich** – Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor, v\_moskalevich@mail.ru

**Viktor F. Pivovarov** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of RAS, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

**Leonid V. Pavlov** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, pavlov.l.v@vniissok.ru

#### • Литература

1. Павлов Л.В. Технологические основы механизированного производства семян овощных культур. Москва, 1997. 60 с.
2. Пивоваров В.Ф. Овощи России. М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. 384 с.
3. Трушин Ю.Е. Повышение эффективности технологического процесса выделения семян тыквы с обоснованием параметров сепарирующего рабочего органа. Саратов, 2003. 186 с.
4. Цепляев В.А. Повышение безотказности щеточных выделителей семян из плодов бахчевых культур. Волгоград, 2006. 206 с.
5. А.с. SU №56238 класс 45e, 4101. Машина для выделения семян из плодов томата и тому подобных растений. М.Л. Чумаченко Заявл. 11.03.38, опубл. 31.12.39.
6. Елисеев М.С., Леонтьев А.А., Рыбалкин Д.А. Агафонова Э.А. Механизация процесса выделения семян из плодов бахчевых культур. *Аграрный научный журнал*. 2017;(8):47-50.
7. Токарев П.Н., Войнов А.И., Цыганок Н.С. Стационарно-передвижной выделитель семян из плодов тыквенных культур. *Овощи России*. 2014;(4):78-79. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-78-79>
8. Пат. RU №2654249 A23N 4/24. Выделитель семян из плодов тыквы. Шапоров М.Н., Седов А.В., Седова О.П. ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Заявка 2017112658, заявл. 12.04.2017, опубл. 17.05.2018. Бюл.14.
9. Пат. RU №2043043 B23N 4/16. Выделитель семян бахчевых культур/ Зубанов А.П., Бардыкин В.А., Руденко Н.Е. Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства. Заявка 5051886/13, заявл. 10.07.92, опубл. 10.09.95.
10. Карпенко А.Н., Зеленов А.А. Сельскохозяйственные машины. М.: «Колос», 1968. С.89.
11. Павлов Л.В., Павлов С.А., Дринча В.М., Некипелов Ю.Ф. и др. Машины для механизации селекционно-семеноводческих работ в овощеводстве. М., 2005. С.98-99.
12. Каталог для заказа машин, приборов, лабораторного оборудования для механизации работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве сельскохозяйственных культур / сост. Ю.А. Семенов, Ю.Ф. Некипелов. М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988. 149 с.
13. Момот В.В., Балабанов В.В. Механизация процессов переработки и хранения овощей и плодов. М.: Агропромиздат, 1988. 98 с.
14. Анисимов И.Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. Кишинев: Штиинца, 1987. 292 с.
15. Аминов М.С., Дикис М.Я., Мальский А.Н., Гладушнек А.К. Технологическое оборудование консервных заводов. М.: Агропромиздат, 1986. 319 с.

#### • References

1. Pavlov L.V. Technological bases of mechanized production of vegetable seeds. Moscow, 1997. 60 p. (In Russ.)
2. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. M.: GNU VNISSOK, 2006. 384 p. (In Russ.)
3. Trushin Yu.E. Improving the efficiency of the technological process of separating pumpkin seeds with justification of the parameters of the separating working body. Saratov, 2003. 186 p. (In Russ.)
4. Tseplyaev V.A. Improving the liability of brush seed separators from melon crops. Volgograd, 2006. 206 p. (In Russ.)
5. A.s. SU No. 56238 class 45e, 4101. Machine for separating seeds from tomato fruit and similar plants / M.L. Chumachenko application 11.03.38 publ. 31.12.39. (In Russ.)
6. Eliseev M.S., Leontiev A.A., Rybalkin D.A. Agafonova E.A. Mechanization of the process of seed extraction from the fruit of melon crops. *Agrarian scientific journal*. 2017;(8):47-50. (In Russ.)
7. Tokarev P.N., Voinov A.I., Tsiganok N.S. STATIONARY/MOBILE SEEDS EXTRACTOR FROM FRUITS OF CUCURBIT CROPS. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(4):78-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-78-79>
8. Pat. RU No. 2654249 A23N 4/24. Seed separator from pumpkin fruits. Shaprov M.N., Sedov A.V., Sedova O.P. Volgograd State Agrarian University. Application 2017112658. application 12.04.2017, publ. 17.05.2018. Byul.14. (In Russ.)
9. Pat. RU No. 2043043 B23N 4/16. Seed separator of melon crops/ Zubanov A.P., Bardykin V.A., Rudenko N.E. All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing. Application 5051886/13. application 10.07.92 publ. 10.09.95. (In Russ.)
10. Karpenko A.N., Zelenev A.A. Agricultural machines. M.: "Kolos", 1968. p.89. (In Russ.)
11. Pavlov L.V., Pavlov S.A., Drincha V.M., Nekipelov Yu.F. et al. Machines for mechanization of selection and seed-growing work in vegetable growing. M., 2005. pp.98-99. (In Russ.)
12. Catalog for deriving machines, instruments, laboratory equipment for mechanization of work in breeding, variety testing and primary seed production of agricultural crops / comp. Yu.A. Semenov, Yu.F. Nekipelov, M.: AgrosRIITEITS, 1988. 149 p. (In Russ.)
13. Momot V.V., Balabanov V.V. Mechanization of processes of production and storage of vegetable seeds and fruits. M.: Agropromizdat, 1988. 98 p. (In Russ.)
14. Anisimov I.F. Machines and production lines for the production of seeds of vegetable crops. Chisinau: Stiinza, 1987. 292 p. (In Russ.)
15. Aminov M.S., Dikis M.Ya., Malsky A.N., Gladushnek A.K. Technological equipment of canneries. M.: Agropromizdat, 1986. 319 p. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-80-85>  
УДК 635.611-02:631.811.98

Н.Б. Рябчикова\*,  
М.С. Корнилова

Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства"  
404067, Волгоградская область, Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, 11

\*Автор для переписки: BBSOS34@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:** Рябчикова Н.Б., Корнилова М.С. Влияние регуляторов роста на сроки созревания, урожайность и качество дыни среднеспелого сорта Осень. *Овощи России*. 2022;(4):80-85. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-80-85>

**Поступила в редакцию:** 28.04.2022

**Принята к печати:** 04.07.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Natalya B. Ryabchikova\*,  
Maria S. Kornilova

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

\*Corresponding author: BBSOS34@yandex.ru

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

**Author contributions:** 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:** Ryabchikova N.B., Kornilova M.S. The influence of growth regulators on the ripening period, yield and quality of melon of the medium-ripened variety Osen. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):80-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-80-85>

**Received:** 28.04.2022

**Accepted for publication:** 04.07.2022

**Published:** 20.07.2022

# Влияние регуляторов роста на сроки созревания, урожайность и качество дыни среднеспелого сорта Осень



## Резюме

Применение регуляторов роста является одним из перспективных направлений в выращивании бахчевых культур. В остросухливых районах Волгоградского Заволжья применение минеральных удобрений под бахчевые культуры в богарных условиях было не эффективным, так как остро выражен дефицит влаги в почве. Поэтому наиболее эффективным и перспективным для создания благоприятных условий роста и развития растений дыни, с возможностью нивелирования отрицательных факторов среды, является применение в технологии возделывания фолиарных обработок регуляторами роста. Исследуемые препараты нового поколения обладают широким спектром физиологической активности. Они предназначены для воздействия на параметры роста и развития как растений в целом в различных фазах, так и их органов, а также на параметры реакции растений на факторы окружающей среды.

**Результаты.** Исследованиями выявлена зависимость ростовых процессов растений дыни от способов использования регуляторов роста, так длина плетей в вариантах с использованием регуляторов роста для обработки растений по вегетации была большей по сравнению с замачиванием семян, при максимальной их длине в варианте Фитозонт (обработка растений) – на 12,7-51,3% больше по сравнению с другими изучаемыми препаратами.

**Ключевые слова:** дыня, регуляторы роста, вегетационный период, созревание, качество плодов

# The influence of growth regulators on the ripening period, yield and quality of melon of the medium-ripened variety Osen

## Abstract

This article shows the influence of growth regulators and methods of their application on the passage of the main interphase periods and growth processes during melon cultivation. The use of growth regulators is one of the promising directions in the cultivation of melons. In the acutely arid areas of the Volgograd Volga region, the use of mineral fertilizers for melon crops, in bagar conditions, was not effective, since there was an acute shortage of moisture in the soil. Therefore, the most effective and promising for creating favorable conditions for the growth and development of melon plants, with the possibility of leveling negative environmental factors, is the use of foliar treatments in the cultivation technology with growth regulators. The studied drugs of the new generation have a wide range of physiological activity. They are designed to influence the parameters of growth and development of plants as a whole in various phases, as well as their organs, as well as the parameters of plant response to environmental factors.

**Results.** Studies have revealed the dependence of the growth processes of melon plants on the methods of using growth regulators, the length of the lashes in the variants of using growth regulators for processing plants during vegetation is longer compared to soaking seeds, with their maximum length in the Phytozont variant (plant treatment) is 12.7-51.3% longer compared to other studied preparations.

**Keywords:** melon, growth regulators, growing season, ripening, fruit quality

### Введение

Разработка и внедрение агротехнологического комплекса при возделывании бахчевых культур невозможна без учёта особенностей развития растений [1]. Каждый конкретный элемент агротехники непосредственно связан с отдельными фазами развития растений [2, 3]. Знание онтогенеза растений дыни позволяет успешно применять различные агротехнологические приёмы, например, такой как фолиарная обработка регуляторами роста [4]. В различных разработках технологий выращивания дыни, значительная роль принадлежит программированию урожая и качества полученной продукции [2]. Расчёт режимов, таких как дозы, нормы и сочетания регуляторов роста, способы их внесения проводится, исходя из особенностей процесса индивидуального развития растений, а также отношения дыни к тем или другим жизненным факторам в разные фазы роста и развития [5].

Применение фолиарных обработок регуляторами роста стали уже необходимым элементом технологии при выращивании бахчевых культур [6, 7]. Одним из важнейших преимуществ этих препаратов является простота и разнообразие способов их применения.

Дыня очень древняя культура. Исторические сведения о дынях насчитывается около 4000 лет. Она была изображена на гробницах Древнего Египта. На мозаичной копии Рима I века среди цветов имеются изображения дынь. В Россию дыня была занесена довольно поздно из Греции, Турции и Средней Азии [5].

В наше время промышленное производство дыни сосредоточено в шести субъектах России. Лидеры российского бахчеводства – Астраханская область, Ростовская область, Краснодарский край, Ставропольский край, Волгоградская область.

Дыня ценна в лечебно-диетическом питании. Она обладает хорошим тонизирующим действием, полезна при атеросклерозе, болезнях почек и сердечно-сосудистой системы. Сок дыни хорошо утоляет жажду и успокаивает нервную систему, обладает мочегонным и мягким слабительным действием [8].

Сорта дыни имеют большое различие по вкусовым качествам, сахаристости, консистенции мякоти (белая, кремовая, светло-зелёная, оранжевая), форме плода – от округлой до сигаровидной.

В нашей стране возделываются в основном группа европейских сортов дыни, у которых на одном растении раннеспелых сортов развивается до пяти плодов, у среднеспелых и у позднеспелых – два, редко три – четыре плода.

Сорта дыни должны быть приспособленными к условиям изменяющегося климата, обладать высокими товарными признаками, устойчивостью к болезням, хорошей урожайностью, транспортабельностью, низким содержанием нитратов.

**Цель** исследований заключалась в совершенствовании технологий и создании новых элементов агротехники возделывания бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья. Предусматривалось изучить эффективность применения регуляторов роста, видов и способов, в технологии возделывания бахчевых культур;

### Материалы и методы

Исследования проводились на Быковской бахчевой селекционной опытной станции - филиале ФГБНУ ФНЦО,

расположенной в Быковском районе Волгоградской области. Характерными особенностями климата зоны исследований являются резко выраженная континентальность, с очень жарким и сухим летом. Наблюдается повышенная ветровая деятельность и частые пыльные бури. Почвы светло-каштановые, супесчаные, лёгкие по гранулометрическому составу. Сумма суточных активных температур составляет до 3100°C.

Агротехника в опытах общепринятая для выращивания бахчевых культур: осенняя вспашка на глубину 0,27-0,30 м., весной ранневесеннее боронование и двукратная культивация, первая на глубину 0,12-0,14 м., вторая на глубину заделки семян 0,06-0,08 м. Уход за посевами состоял из двух междурядных обработок и двух ручных прополок в рядках.

Исследования проводятся использованием методических указаний, методик и Государственных и отраслевых стандартов, в т.ч. С.С Литвинов, 2011 [9]; В.Ф. Белик, Г.А. Бондаренко [10]; Ермаков А.И., Арасимович В.В. и др. [4] и др. [11]. Метод – лабораторно-полевой. Объекты исследований: дыня среднеспелого срока созревания Осень. Так же объектами исследования являлись регуляторы роста (Циркон, Энерген Экстра, Гумат калия ВР20, Фитозонт универсальный).

В ходе исследований проводили наблюдения и учёты.

**Среднеспелый сорт Осень.** Оригинатор Быковская БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО. Включён с 2000 года в Госреестр. Период от полных всходов до первого сбора плодов 80-90 суток. Плетистое растение, средней кустистости с главным стеблем до 2,5 м. Лист сердцевидной формы, сильно рассечённый. Цветки мужские и обоеполые. Плод шаровидной формы, жёлтый без рисунка, со сплошной сеткой, слабосегментированный. Масса плода – от 1,5 до 3,0 кг. Кора у Осени тонкая, гнущаяся, на разрезе светло-зелёная. Мякоть имеет приятный дынный аромат, толстая, светло-зелёная, зернистая, нежная, сочная, сладкая, тающая. Вкусовые качества отличные. Содержание сухого вещества в мякоти плода – от 12,5% до 18,0% у индивидуально отобранных плодов. Общего сахара – от 8,8 до 11,75%. Сорт устойчив к болезням, растрескиванию. Урожайность – от 12,0 до 20,0 т/га. У сорта хорошая транспортабельность, что ценится товаропроизводителями. Сорт Осень потребляют не только в свежем виде, но из него варят ароматное дынное варенье, делают цукаты, чипсы. А замороженные кусочки дыни, не теряют свои вкусовые качества и аромат, которые можно употреблять в зимний период. Осень является стандартом на опытных участках в селекции дыни Быковской БСОС.

Схема посева – 2,1х1,0 м. Предшественник – пар.

### Схема опытов

1. Без обработок (контроль)
2. Замачивание семян в воде (контроль)
3. Обработка растений водой (контроль)
4. Циркон (замачивание семян)
5. Циркон (обработка растений)
6. Энерген Экстра (замачивание семян)
7. Энерген Экстра (обработка растений)
8. Гумат калия ВР20 (замачивание семян)
9. Гумат калия ВР20 (обработка растений)
10. Фитозонт универсальный (замачивание семян)
11. Фитозонт универсальный (обработка растений)

Исследуемые препараты применяют для замачивания семян перед посевом и 2-х кратной обработки растений

во время вегетации в период начало плетевобразования и перед смыканием плетей нормами:

- замачивание семян: Циркон – 1 мл/л воды, Энерген – 6 г/л воды, Гумат калия ВР20 – 100 мл/л воды, Фитозонт – 1 мл/л воды. Срок замачивания – 3 часа;

- обработка растений: Циркон – 1 мл/10 л воды, Энерген Экстра – 6 г/10 л воды, Гумат калия ВР20 – 100 мл/10 л воды, Фитозонт – 1 мл/10 л воды. Расход рабочего раствора – 300 л/га.

### Характеристика изучаемых препаратов

Циркон: природный иммуномодулятор, корнеобразователь, индикатор цветения и плодообразования, выжимка из растения семейства Астровых (Эхинацея пурпурная), д.в. – гидроксикоричные кислоты 0,1 г/л.

Энерген Экстра: природный препарат, производится из бурого угля, д.в. калиевые соли гуминовых кислот 850 г/кг.

Гумат калия ВР20: органоминеральное удобрение, производится из леонардита (бурого угля), д.в. – 85-90% гуминовых кислот; содержит: калий - 12%, фосфор – 12%, магний – 160 мг/л, железо - 1470 мг/л, кальций – 38 мг/л и микроэлементы: медь – 5 мг/дм<sup>3</sup>, марганец – 1,1 мг/дм<sup>3</sup>, цинк – 8,3 мг/дм<sup>3</sup>, кобальт – 5,8 мг/дм<sup>3</sup>, никель – 11 мг/дм<sup>3</sup>, молибден – более 40 мкг/дм<sup>3</sup>, бор.

Фитозонт универсальный: природный препарат, д.в. 0,00152 г/л – аланина + 0,00196 г/л L-глутаминовой кислоты.

### Результаты и их обсуждения

Полученные результаты проведенных исследований в среднем за два года по определению влияния различных регуляторов роста и способов их применения показали, что в технологии выращивания дыни замачивание в растворах препаратов позволяет значительно сократить

период "посев-всходы". Более ранние всходы были получены при использовании препарата Фитозонт, на 3 суток раньше по сравнению с вариантом замачивание семян в дистиллированной воде и на 5 дней раньше по отношению к варианту без применения обработок.

Длина вегетационного периода в изучаемых вариантах колебалась от 83 дней до 88 суток, при максимальных значениях в варианте Фитозонт (замачивание семян) и минимальных показателях в контрольных вариантах. Увеличение длины вегетационного периода при обработке растений было отмечено только в вариантах с использованием препаратов Циркон – на 2 суток по сравнению с замачиванием семян соответственно (табл. 1).

При изучении влияния регуляторов роста и способов их применения на количество и длину плетей была выявлена зависимость ростовых процессов у растений дыни от способов использования регуляторов роста. Так, если в период "шатрик-плетевобразование" количество плетей в изучаемых вариантах разнилось незначительно от 5-7 шт., то по длине плетей отмечена довольно существенная разница между вариантами с использованием изучаемых препаратов для замачивания семян и обработки растений по вегетации. К периоду созревания плодов дыни количество плетей увеличилось в 2,2-4,0 раза по отношению к периоду "шатрик-плетевобразование".

Несмотря на то, что более интенсивное нарастание количества плетей за исследуемый период было отмечено в вариантах Фитозонт (обработка растений), также по длине плетей выделились варианты с использованием для обработки растений препаратов Циркон и Энерген (обработка растений) – 1175 см и 1188 см соответственно. В остальных изучаемых вариантах с применением препаратов длина плетей колебалась от 943 см до 1238 см. Самая короткая длина плетей в варианте без применения обработок – 604 см (табл. 2).

Таблица 1. Влияние регуляторов роста и способов их применения на прохождение основных межфазовых периодов у растений дыни, сут., среднее за 2019-2020 годы  
Table 1. Influence of growth regulators and methods of their application on the passage of the main interphase periods in melon plants, day, average for 2019-2020

Варианты опыта	Посев - всходы	Всходы - плодообразование	Плодообразование - созревание	Всходы - созревание
1. Без обработок (контроль)	16	48	35	83
2. Замачивание семян в воде (контроль)	14	51	34	83
3. Обработка растений водой (контроль)	16	52	30	82
4. Циркон (замачивание семян)	13	53	30	83
5. Циркон (обработка растений)	16	51	33	85
6. Энерген Экстра (замачивание семян)	12	54	28	82
7. Энерген Экстра (обработка растений)	16	52	29	81
8. Гумат калия ВР20 (замачивание семян)	12	54	32	86
9. Гумат калия ВР20 (обработка растений)	16	51	34	85
10. Фитозонт универсальный (замачивание семян)	11	55	33	88
11. Фитозонт универсальный (обработка растений)	16	51	36	87

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на количество и длину плетей растений дыни, среднее за 2019-2020 годы  
 Table 2. Effect of growth regulators on the number and length of melon plant lashes, average for 2019-2020

Варианты опыта	Количество плетей, шт.		Общая длина плетей, см	
	шатрик-плетеобразование	созревание	шатрик-плетеобразование	созревание
1. Без обработок (контроль)	5	14	263	604
2. Замачивание семян в воде (контроль)	6	15	275	753
3. Обработка растений водой (контроль)	5	15	309	797
4. Циркон (замачивание семян)	7	15	334	943
5. Циркон (обработка растений)	5	18	382	1175
6. Энерген Экстра (замачивание семян)	7	17	307	965
7. Энерген Экстра (обработка растений)	5	20	337	1188
8. Гумат калия ВР20 (замачивание семян)	7	16	319	922
9. Гумат калия ВР20 (обработка растений)	5	19	348	1097
10. Фитозонт универсальный (замачивание семян)	5	20	384	1238
11. Фитозонт универсальный (обработка растений)	5	25	397	1395

Дыня относится к многосборовым культурам. В зависимости от условий произрастания, за вегетационный период проводят от двух сборов и более.

В данном опыте проводили по 2 сбора дыни, при основной урожайности в первом сборе. При первом сборе было убрано, в зависимости от изучаемых вариантов, от 84% до 97% от общего урожая. В варианте без применения обработок плоды почти полностью были созревшие к первому сбору, урожайность во втором сборе составила всего 3% от общей. Самая высокая урожайность во втором сборе была при использовании препарата Фитозонт – 16% от общей урожайности. Отмечался более длительный период плодоношения и при применении препаратов Энерген и Гумат калия для обработки растений – 12% и 14%.

Сравнительная оценка урожайности дыни показала, что предпочтительнее использование изучаемых препаратов для обработки растений в период вегетации, в этих вариантах прибавка урожайности составила от 0,7 т/га до 1 т/га по сравнению с вариантами применения изучаемых препаратов для замачивания семян, максимальный данный показатель был в вариантах с применением препаратов Гумат калия и Энерген.

Исследованиями также было определена высокая эффективность использования для обработки растений препаратов Фитозонт и Гумат калия. В этих вариантах получена максимальная урожайность – 18,8 т/га и 19,5 т/га, что на 11% и 14% больше по отношению к контролю (обработка растений водой). Средняя масса плода составляла в интервале от 1,9 до 2,3 кг, с наибольшими показателями при фолитарной обработке препаратом Фитозонт (табл. 3).

Таблица 3. Влияние регуляторов роста и способов их применения на урожайность дыни, среднее за 2019-2020 годы  
 Table 3. Influence of growth regulators and their application methods on melon yield, average for 2019-2020

Варианты опыта	Урожайность, т/га	В. Т. Ч.		Средняя масса плода, кг
		1 сбор, т/га	2 сбор,	
1. Без обработок (контроль)	15,8	15,3	0,5	1,9
2. Замачивание семян в воде (контроль)	16,1	15,1	1,0	2,0
3. Обработка растений водой (контроль)	16,8	15,5	1,3	1,9
4. Циркон (замачивание семян)	17,4	16,1	1,3	1,9
5. Циркон (обработка растений)	18,1	16,4	1,7	2,1
6. Энерген Экстра (замачивание семян)	17,6	15,6	2,0	1,9
7. Энерген Экстра (обработка растений)	18,6	16,4	2,2	2,1
8. Гумат калия ВР20 (замачивание семян)	17,8	15,9	1,9	2,0
9. Гумат калия ВР20 (обработка растений)	18,8	16,1	2,7	2,0
10. Фитозонт универсальный (замачивание семян)	18,7	16,3	2,4	2,2
11. Фитозонт универсальный (обработка растений)	19,5	16,5	3,0	2,3
НСР <sub>05</sub>	0,70			



Сорт дыни Осень

При применении фолиарных обработок регуляторами роста дыни, помимо урожайности, большое значение имеет качество получаемой продукции. Результаты биохимического анализа показали, что изучаемые приемы возделывания дыни оказывают положительное действие на качество плодов. По содержанию сухого вещества, как основного из показателей качества плодов, максимальные значения были получены при использовании Гумата калия для обработки растений и Фитозонта – для замачивания семян – 15,8%. В остальных вариантах содержание сухого вещества было меньше, при минимальном значении в варианте без применения обработок – 11,9%. Самые высокие значения по содержанию в плодах дыни общего

сахара были отмечены в вариантах с использованием Фитозонта для замачивания семян. В остальных вариантах количество общего сахара колебалось от 11,21% до 13,89%, при минимальных значениях – в варианте без применения обработок.

При замачивании семян с использованием препарата Гумат калия значительно повышается содержание в плодах дыни витамина С – 45,52 мг%. Минимальные значения количества витамина С в плодах дыни в варианте без применения обработок – 30,15 мг%.

Экологическая чистота продукта и безопасность его потребления определяется содержанием в плодах нитратов. Для дыни данный показатель не должен превышать 90

**Таблица 4. Влияние применения регуляторов роста для замачивания семян и обработки растений на биохимический состав плодов дыни, среднее за 2019-2020 годы**  
**Table 4. The effect of the use of growth regulators for soaking seeds and processing plants on the biochemical composition of melon fruits, average for 2019-2020**

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Моно сахара, %	Саха роза, %	Витамин С, мг%	Кислотность, %	Нитраты, мг/кг
1. Без обработок (контроль)	11,9	11,21	5,19	6,02	30,15	0,201	51,1
2. Замачивание семян в воде (контроль)	13,8	12,13	5,19	6,94	33,85	0,201	65,0
3. Обработка растений водой (контроль)	13,2	11,45	3,56	7,89	33,31	0,201	66,6
4. Циркон (замачивание семян)	12,8	11,76	3,69	8,07	34,39	0,201	69,7
5. Циркон (обработка растений)	13,6	12,58	3,44	9,14	38,18	0,167	63,6
6. Энерген Экстра (замачивание семян)	14,6	13,47	3,37	10,10	37,64	0,167	62,1
7. Энерген Экстра (обработка растений)	14,2	11,85	5,50	6,35	38,76	0,167	60,7
8. Гумат калия ВР20 (замачивание семян)	15,2	12,83	3,81	9,02	45,52	0,167	59,3
9. Гумат калия ВР20 (обработка растений)	15,8	13,89	3,44	10,45	37,64	0,201	58,0
10. Фитозонт универсальный (замачивание семян)	15,8	13,91	3,81	10,10	37,10	0,201	55,4
11. Фитозонт универсальный (обработка растений)	14,8	12,07	4,00	8,07	32,77	0,167	52,9
НСР <sub>05</sub>	0,62	0,69			1,59		

мг/кг. На основании биохимического анализа можно утверждать, что изучаемые препараты не оказывают отрицательного воздействия на содержание нитратов в плодах дыни, во всех изучаемых вариантах опыта их содержание не превышало ПДК (90 мг/кг). Меньше всего нитратов было в вариантах без применения обработок – 51,1 мг/кг и при обработке растений препаратом Фитозонт – 52,9 мг/кг, максимальное их содержание отмечалось в плодах дыни при замачивании семян в Цирконе – 69,7 мг/кг (табл. 4).

### Заключение и выводы

Результаты исследований по определению влияния регуляторов роста и способов их применения при возделывании дыни показали, что использование регуляторов роста в технологии выращивания дыни позволяет значительно сократить период "посев-всходы". Более

ранние всходы были получены при использовании препарата Фитозонт, на 3 суток раньше по сравнению с вариантом замачивание семян в воде и на 5 дней раньше по отношению к варианту без применения обработок.

Сравнительная оценка урожайности у дыни, в зависимости от способов применения препаратов, показала предпочтительность использования регуляторов роста для обработки растений в период вегетации, прибавка урожайности составила от 0,7 т/га до 1,0 т/га по сравнению с замачиванием семян. Максимальная урожайность дыни была получена при применении для обработки растений регулятора роста Фитозонт – 19,5 т/га.

Фолиарные обработки регуляторами роста являются перспективным направлением в совершенствовании технологии возделывания дыни. Все препараты, используемые в данном опыте, показали хорошие результаты.

### Об авторах:

**Наталья Борисовна Рябчикова** – научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, автор для переписки, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>

**Мария Сергеевна Корнилова** – научный сотрудник отдела селекции, <https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>

### About the authors:

**Natalya B. Ryabchikova** – Researcher, Department of agrotechnics and primary seed production, Correspondence Author, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>

**Maria S. Kornilova** – Researcher, Breeding Department, <https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>, BBSOS34@yandex.ru

### • Литература

1. Байрамбетов Ш.Б. Методические указания по применению регуляторов роста растений на овощных, бахчевых культурах и картофеле. *Рекомендации РАСХН. Астрахань*. 2009. 78 с.
2. Быковский Ю.А., Варивода Е.А., Малуева С.В., Никулина Т.М. Селекция бахчевых культур для юго-востока России. *Картофель и овощи*. 2017;(6):375.
3. Колешина Т.Г., Фомин С.Д., Рябчикова Н.Б., Вербитская О.Г. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020;(3):107-116. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-10
4. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: *Колос*. 1972. 456 с.
5. Боева Т.В., Байрамбеков Ш.Б., Гуляева Г.В., Соколов С.Д., Соколова Г.Ф., Валеева З.Б., Гарьянова Е.Д., Соколов А.С., Бочарников А.Н. Возделывание бахчевых культур в условиях Нижнего Поволжья. *Рекомендации. М.; Российская академия с.-х. наук; ГНУ ВНИИОБ. – Астрахань: Издатель: Сорokin Роман Васильевич*. 2013. 64 с.
6. Колешина Т.Г., Быковский Ю.А. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;60(3):123-129.
7. Колешина Т.Г., Егорова Г.С., Рябчикова Н.Б., Вербитская Л.Н. Сроки сева арбуза, дыни, тыквы в зависимости от их биологических особенностей. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017;48(4):129-135.
8. Колешина Т.Г., Емельянова Л.В., Никулина Т.М., Генетические коллекции бахчевых культур как основной ресурс развития отрасли. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование*. 2016;(2):78-83.
9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве - М: *Россельхозакадеми*. 2011. 648 с.
10. Белик В.Ф., Бондаренко Г.А. Методические указания по агротехническим и физиологическим исследованиям с овощными и бахчевыми культурами. *Москва ВНИИО*. 1979. С.3-110.
11. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М. *ВО «Агропромиздат»*. 1992.

### • References

1. Bayrambetov Sh.B. et al. Guidelines for the use of plant growth regulators on vegetable, melon crops and potatoes: *recommendations of RASKHN. Astrakhan*. 2009. 78 p. (In Russ.)
2. Bykovsky Yu.A., Varivoda E.A., Malueva S.V., Nikulina T.M. Selection of melon crops for the South-East of Russia. *Potatoes and vegetables*. 2017;(6):37. (In Russ.)
3. Koleboshina T.G., Fomin S.D., Ryabchikova N.B., Verbitskaya O.G. Comparative assessment of various types of fertilizers and methods of their application in the cultivation of melons in the conditions of the Volgograd Volga region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*. 2020;(3):107-116. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-10
4. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Methods of biochemical research of plants. L.: *Kolos*. 1972. 456 p. (In Russ.)
5. Boeva T.V., Bayrambekov Sh.B., Gulyaeva G.V., Sokolov S.D., Sokolova G.F., Valeeva Z.B., Garyanova E.D., Sokolov A.S., Bocharnikov A.N. Cultivation of melon crops in the conditions of the Lower Volga region. *Recommendations of M.; Russian Academy of Agricultural Sciences; GNU VNIIOB. Astrakhan: Publisher: Sorokin Roman Vasilyevich*. 2013. 64 p. (In Russ.)
6. Koleboshina T.G., Bykovsky Yu.A. Features of agrotechnology of melon crops in the zone of risky agriculture of the Russian Federation. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;60(3):123-129. (In Russ.)
7. Koleboshina T.G., Egorova G.S., Ryabchikova N.B., Verbitskaya L.N. Terms of sowing watermelon, melon, pumpkin depending on their biological characteristics. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*. 2017;48(4):129-135. (In Russ.)
8. Koleboshina T.G., Emelyanova L.V., Nikulina T.M., Genetic collections of melon crops as the main resource for the development of the industry. *News of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher education*. 2016;(2):78-83. (In Russ.)
9. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M: *Rosselkhoz nadzor*. 2011. 648 p. (In Russ.)
10. Belik V.F., Bondarenko G.A. Methodological guidelines for agrotechnical and physiological studies with vegetable and melon crops. *Moscow, VNIIO*. 1979. P.3-110.
11. Belik V.F. Methodology of experimental business in vegetable growing and melon growing. M., *"Agropromizdat"*. 1992. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>  
УДК 631.811.98:635.21-02

А.А. Верижникова\*, Е.Г. Прудникова

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»  
Орел, Россия

\*Автор для переписки: Anast94koR@mail.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:** Верижникова А.А., Прудникова Е.Г. Влияние инновационных регуляторов роста растений на физиолого-биохимические показатели и урожайность *Solanum tuberosum* L. *Овощи России*. 2022;(4):86-90. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>

**Поступила в редакцию:** 16.03.2022

**Принята к печати:** 04.06.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Anastasia A. Verizhnikova\*, Elena G. Prudnikova

Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education  
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin"  
Orel, Russia

\*Corresponding author: Anast94koR@mail.ru

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

**Authors' Contributions:** all authors participated in the planning and setting of the experiment, as well as in the analysis of experimental data and the writing of the article.

**For citations:** Verizhnikova A.A., Prudnikova E.G. Influence of innovative plant growth regulators on physiological and biochemical parameters and yield of *Solanum tuberosum*. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):86-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-86-90>

**Received:** 16.03.2022

**Accepted for publication:** 04.06.2022

**Published:** 20.07.2022

# Влияние инновационных регуляторов роста растений на физиолого-биохимические показатели и урожайность *Solanum tuberosum* L.



## Резюме

**Актуальность.** *Solanum tuberosum* L. является одной из основных продовольственных сельскохозяйственных культур, поэтому изучение влияния инновационных регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и урожайность растений очень важны для агропромышленного комплекса.

**Материал и методы.** Исследования проведены на серой лесной почве Орловской области в условиях вегетационного домика на базе КФХ Стебаков В.И. в период 2020-2021 годов. В качестве объекта исследования использовали картофель сорта Невский. Обработку регуляторами роста проводили путем замачивания клубней в водных растворах мелафена (10<sup>-6</sup>%), Энергии М (10<sup>-3</sup>%) в течение 8 часов. При закладке опытов в почву вносили оптимальное количество для картофеля азота (2,3 г), фосфора (0,7 г) и калия (3,1 г). Определяли активность каталазы, пероксидазы. Количество гидроперекисей- промежуточного продукта ПОЛ, оценивали по реакции взаимодействия с роданистым аммонием, содержание малонового диальдегида – по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Опыт проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного однофакторного анализа с использованием компьютерной программы «MS Excel».

**Результаты.** Исследования показали, что в листьях наблюдается повышение активности каталазы и пероксидазы во всех варианта опыта по сравнению с контролем, а в клубнях – активность ферментов снижается. Отмечено снижение содержания малонового диальдегида во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Анализ конечной продуктивности выявил, что общее количество клубней на одном кусте в вариантах с регуляторами роста меняется незначительно, в то время как масса клубней увеличивается, так вариант с регулятором роста мелафен повысил данный показатель на 37% по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** регулятор роста, ферменты, каталаза, пероксидаза, МДА, картофель, урожайность

# Influence of innovative plant growth regulators on physiological and biochemical parameters and yield of *Solanum tuberosum*

## Abstract

**Relevance.** *Solanum tuberosum* L. – it is one of the main food crops, therefore, the study of the influence of innovative growth regulators on physiological and biochemical parameters and plant yield is very important for the agro-industrial complex.

**Material and methods.** The research was carried out on the gray forest soil of the Orel region in the conditions of a vegetation house on the basis of the farm Stebakov V.I. in the period 2020-2021. Potato of the Nevsky variety was used as the object of the study. Treatment with growth regulators was carried out by soaking *Solanum tuberosum* tubers in aqueous solutions of melafene (10<sup>-6</sup>%), Energy-M (10<sup>-3</sup>%) for 8 hours. When laying the experiments, the optimal amount of nitrogen (2.3 g), phosphorus (0.7 g) and potassium (3.1 g) was introduced into the soil for potato. Was determined catalase, peroxidase activity. The amount of hydroperoxides, an intermediate product of POL, was estimated by reaction with ammonium rhodanide, the content of malonic dialdehyde by reaction with thiobarbituric acid. The experiment was carried out three times. Statistical processing of the results was carried out by the method of one-factor analysis of variance using the computer program "MS Excel".

**Results.** Studies have shown that there is an increase in the activity of catalase and peroxidase in all variants of the experiment compared with the control in leaves, in tubers – the activity of enzymes decreases. There was a decrease in the content of malondialdehyde in all variants of the experiment compared with the control. The analysis of the final productivity revealed that the total number of tubers on one bush of the potato in the variants with growth regulators changes slightly, while the mass of tubers increases, so the variant with the growth regulator melafen increased this indicator by 37% compared to the control.

**Keywords:** growth regulator, enzymes, catalase, peroxidase, MDA, potato, yield

## Введение

**К**артофель (*Solanum tuberosum* L.) является эколого-пластичной и важной продовольственной культурой. Несмотря на значительные площади возделывания, в засушливые годы и при проявлении других экстремальных условий, заметно снижается её урожайность.

На сегодняшний день к новым агрономическим технологиям, способствующим повышению урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур, в растениеводстве относится использование биорегуляторов, поскольку их применение не отражается на биоценозе. При этом биорегуляторы существенно снижают сферу воздействия пестицида на экосистемы, загрязнение почв и водоемов. Действие регуляторов роста существенно отличается от действия удобрений. Регуляторы – не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. Используя удобрения и создавая высокую агротехнику, мы тем самым повышаем эффективность применения синтетических регуляторов роста и улучшаем образование природных ростовых веществ [1].

Действие регуляторов роста на сельскохозяйственные культуры проявляется в способности в малых дозах влиять на полевую всхожесть семян, ускорять массовое появление всходов, прохождение фаз, влиять на процессы роста и развития, формировать более мощный ассимиляционный аппарат [2,3]. При этом регуляторы роста рассматриваются как экологически чистый и экономически выгодный способ повышения урожайности сельскохозяйственных культур, позволяющий полнее реализовывать потенциальные возможности растительных организмов [4,5].

Среди инновационных регуляторов роста растений выделяются мелафен (меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты) и *Энергия-М* (кремнийауксин). Они обладают высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях.

*Мелафен* – регулятор роста растений, обладающий высокой эффективностью и широким спектром действия при чрезвычайно низких применяемых концентрациях. Как установлено в ряде работ, препарат оказывает стимулирующий эффект на рост клеток, на всхожесть и интенсивность прорастания семян [6,7,8,9].

*Мелафен* повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам (низкие, высокие температуры), при этом растения приобретают более развитую корневую систему и высоту проростков [10,11,12]. Установлено, что препарат оказывает широкое действие на биохимические реакции клеток растений, сходные с различными проявлениями действия фитогормонов и АТФ [13].

Регулятор роста *Энергия-М* (ортокрезоксисукусной кислоты триэтаноламмониевая соль + хлорметилксилатран) обладает высокой иммунопротекторной активностью, замедляет преждевременное старение и гибель растений от экстремальных факторов внешней среды. Данный препарат обладает высокой биологической активностью, позволяющей воздействовать на растение на протяжении всего вегетационного периода: положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть семян [14], способствует лучшему использо-

ванию питательных веществ растениями, ускоряет их рост и повышает устойчивость к заболеваниям [15,16,17], на более поздних стадиях развития препарат способствует увеличению экзогенного продуцирования этилена, что ускоряет процесс развития и созревания плодов [18]. Также из литературных данных известно, что наилучшие показатели сохранности столовых корнеплодов в зимний период наблюдали в вариантах с применением кремнийорганического препарата *Энергия-М* [19]. При этом препарат не создает экологических проблем, поскольку используемые концентрации безопасны для флоры и фауны [20].

Исследования с регуляторами роста нового поколения проводились с различными видами сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации. Однако, несмотря на рост числа публикаций по вопросам использования соединений кремния и фосфора, механизмы их действия на растениях *Solanum tuberosum* остаются недостаточно изученными. Практически отсутствуют сведения об их влиянии на активность антиоксидантных ферментов, хотя и известно, что кремний играет антистрессовую роль.

**Цель исследований** – определение особенностей влияния инновационных регуляторов роста растений на некоторые компоненты антиоксидантной системы и урожайность картофеля сорта Невский, выращенного на темно-серых лесных почвах Орловской области.

В соответствии с поставленной целью выделены следующие **задачи**: изучить особенности влияния регуляторов роста на активность ферментов-антиоксидантов в органах *Solanum tuberosum*; изучить влияние регуляторов роста растений на содержание продуктов перекисного окисления липидов, выявить регулятор роста, оказывающий наибольший эффект на продукционный процесс в растении картофеля.

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбрали клубни картофеля среднераннего сорта Невский отечественной селекции, включенного в Государственный реестр селекционных достижений в 1982 году [21]. Сорт допущен к возделыванию во всех без исключения регионах РФ, в том числе и Центрально-Черноземном, к которому относится Орловская область.

Опыт закладывали на серой лесной почве Орловской области в 2020-2021 годах, на базе КФХ Стебаков В.И. – в вегетационных условиях (почвенная культура) в период 2020-2021 годов.

Обработку регуляторами роста проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах следующих концентраций: мелафена – 10-6%, *Энергия-М* – 10-3% в течение 8 часов. Также во время закладки опытов в почву вносили оптимальное количество для культуры азота, фосфора и калия (N90P60K150), соответственно 2,3 г, 0,7 г, 3,1 г элемента на сосуд. В вегетационном сосуде, массой 10 кг почвы, выращивали 1 растение картофеля и поддерживали влажность почвы 60% от полной влагоёмкости.

Учёт урожая производился после увядания побегов возобновления.

Активность каталазы определяли газометрическим методом по объему выделенного кислорода с дальней-

шим перерасчетом на пероксид водорода [22]. Активность пероксидазы – методом Бояркина, основанном на определении скорости реакции окисления бензидина под действием фермента [23]. Содержание гидроперекисей оценивали по реакции взаимодействия с роданистым аммонием, содержание малонового диальдегида выявляли по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Опыт проводили в трехкратной повторности. Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке методом дисперсионного однофакторного анализа [24] с использованием компьютерной программы «MS Excel».

### Результаты и их обсуждение

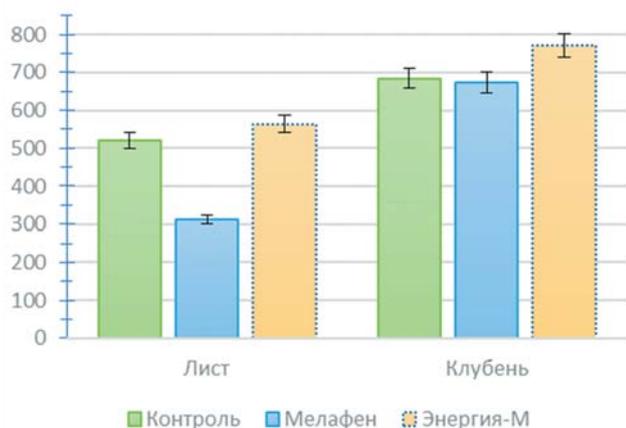
Особенности влияния регуляторов роста на активность ферментов-антиоксидантов в органах *Solanum tuberosum* определяли по следующим показателям: содержание каталазы, пероксидазы.

Применение регуляторов роста нового поколения в сверхмалых концентрациях оказывают определенное воздействие на антиоксидантную систему растений картофеля сорта Невский.

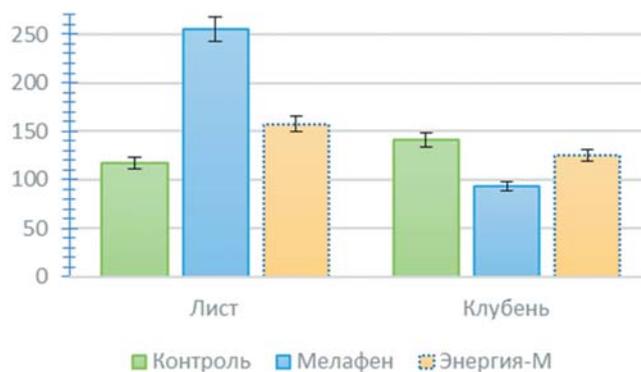
Так, исследование активности каталазы в листьях в варианте с мелафеном понизилась в 1,67 раза по сравнению с контролем, а регулятор роста Энергия-М увеличил данный показатель (в 1,08 раза). В клубнях, аналогично варианту с листьями, активность каталазы в варианте с мелафеном незначительно понизилась (в 1,02 раза), в варианте Энергия-М увеличилась – (в 1,13 раза) (рис. 1).

Повышение активности каталазы связано с накоплением пероксидов, с увеличением интенсивности дыхания и увеличивается и активация метаболических процессов. Каталазная активность преобладает при высоких концентрациях перекиси водорода в клетке. Падение же активности каталазы в органах картофеля, скорее всего, связано с уменьшением содержания пероксида в клетках, утилизируемого пероксидазой.

В результате исследования активности пероксидазы установлено, что обработка растений *Solanum*



**Рис. 1. Влияние регуляторов роста мелафена и Энергия-М на активность каталазы в органах растения *Solanum tuberosum*, мкМ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/г сырой массы**  
**Fig. 1. The effect of the growth regulator Melafen, and Energy-M on the activity of catalase in the organs of the plant *Solanum tuberosum*, microns H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/g of raw mass**



**Рис. 2. Влияние регулятора роста мелафена, и Энергия М на активность пероксидазы в органах растения *Solanum tuberosum***  
**Fig. 2. The effect of the growth regulator melafen, and Energy M on the activity of peroxidase in the organs of the plant *Solanum tuberosum***

*tuberosum* регуляторами роста во всех случаях повышает активность пероксидазы в листьях и понижает её активность в клубнях. В варианте с кремнийорганическим регулятором роста Энергия-М активность пероксидазы в листьях повысилась незначительно (в 1,32 раза), больший эффект оказала обработка фосфорорганическим регулятором роста мелафен (в 2,17 раза). В клубнях в вариантах с мелафеном активность пероксидазы понизилась в 1,52 раза, в варианте с Энергия-М – в 1,13 раза (рис.2).

Так как значительная часть пероксидазной системы связана с процессами биосинтеза, то можно отметить, что пероксидаза играет существенную роль при адаптации растения картофеля ко всем видам абиотического стресса. Есть данные, что повышение активности данного фермента, усиливает окислительные свойства, что, по-видимому, приводит к устойчивости растения [25].

Мониторинг продуктов перекисного окисления липидов позволяет сделать вывод об устойчивости тканей к действию стрессоров. К промежуточным продуктам перекисного окисления липидов относятся гидроперекиси высокомолекулярных жирных кислот, а конечным продуктом липопероксидации является малоновый диальдегид.

Как показали исследования, содержание гидроперекисей в листьях существенно не меняется. Так, в варианте с мелафеном их содержание повысилось незначительно (в 1,06 раз), а регулятор роста Энергия-М несколько увеличил данный показатель (в 1,17 раза) (табл.1).

Вместе с тем, содержание малонового диальдегида – конечного продукта липопероксидации мембран, понизилось во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Так, фосфорорганический регулятор роста мелафен понизил данный показатель в 1,25 раза, а кремнийорганический регулятор роста Энергия-М – в 1,08 раза (табл. 1).

Снижение уровня малонового диальдегида в листьях связано, вероятно, с активизацией ферментов анти-

Таблица 1. Влияние регуляторов роста на продукты перекисного окисления липидов в листьях растения *Solanum tuberosum* (фаза цветения)  
 Table 1. The effect of growth regulators on lipid peroxidation products in the leaves of the *Solanum tuberosum* plant (flowering phase)

№	Вариант	Содержание гидроперекисей D,480 нм	Содержание МДА, нМ/г сырой массы
1	Контроль	4,5±0,3	99,1±6
2	Энергия-М	5,3±0,3	91,3±4
3	Мелафен	4,8±0,3	79,8±5
	НСР <sub>0,5</sub>	0,60	10,6

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на продуктивность растения *Solanum tuberosum*  
 Table 2. The effect of growth regulators on the productivity of the *Solanum tuberosum*

№	Вариант	Масса ботвы, г/куст	Общее количество клубней, шт./куст	Общая масса клубней, г/куст
1	Контроль	41,50±2,12	6,00	330±16,50
2	Энергия-М	37,25±1,81	5,00	378±18,20
3	Мелафен	31,50±1,53	7,00	452±21,90
	НСР <sub>0,5</sub>	0,50	1,00	8,67

оксидантной защиты, а, прежде всего, с активностью пероксидазы, которая повысилась во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, а также – каталазы.

Результатом продукционного процесса растений является их урожайность. Анализ конечной продуктивности *Solanum tuberosum* выявил, что урожайность в вариантах, обработанных регуляторами роста мелафен и Энергия-М, возросла, больший эффект оказал регулятор роста мелафен – на 37% по сравнению с контролем. Масса ботвы при этом снизилась на 1,1-1,3 раза, что указывает на усиление оттока ассимилятов в клубни (табл.2).

### Заключение

Таким образом, сравнительное изучение действия регуляторов роста мелафена и Энергия-М на активность антиоксидантной системы показало, что более эффективным является регулятор роста мелафен, особенно это проявилось в отношении активности пероксидазы, в свою очередь Энергия-М также повышает активность каталазы и пероксидазы, что способствует интенсивности и продуктивности общего обмена в организме растения *Solanum*

*tuberosum* и защите от повреждения перекисью водорода, образовавшейся в результате окислительно-восстановительных реакций.

При активизации ферментов антиоксидантной защиты происходит снижение уровня малонового диальдегида в листьях, что, вероятно, связано с активностью пероксидазы и каталазы.

Регуляторы роста нового поколения инициировали процесс клубнеобразования, что повлияло на увеличение урожайности растения *Solanum tuberosum*. Больший эффект при этом оказал регулятор роста мелафен – на 37% по сравнению с контролем.

На основании полученных результатов исследования, можно сделать вывод о том, что регуляторы роста мелафен и Энергия-М повышают устойчивость картофеля сорта Невский, увеличивают конечную продуктивность, то есть имеют практическую значимость и могут быть востребованы в растениеводстве. Однако, можно отметить, что регулятор роста мелафен произвел больший эффект на инициацию клубнеобразования, что имеет огромное значение для сельского хозяйства.

**Об авторах:**

**Анастасия Александровна Верижникова** – аспирант, автор для переписки, Anast94koR@mail.ru  
**Елена Геннадьевна Прудникова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**About the authors:**

**Anastasia A. Verzhnikova** – Postgraduate Student, Correspondence Author, Anast94koR@mail.ru  
**Elena G. Prudnikova** – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor

• **Литература**

1. Шаповал О.А., Можарова И.П., Барчукова А.Я. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур. ВНИИА, 2015.
2. Вакуленко В.В. Регуляторы роста. *Защита и карантин растений*. 2004;(1):24-26.
3. Воронина Л.Н., Малеванная Н.Н. Продолжительность обработки семян редиса, огурца, овса препаратом цирконом в различной концентрации. *Доклады РАСХН*. 2003;(5):13-15.
4. Павликова Е.В., Ткачук О.А., Орлов А.Н. Эффективность систем зяблевой обработки почвы и регуляторов роста растений в технологии возделывания яровой пшеницы. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2012;1(17):34-38.
5. Церковнова О.М. Влияние регуляторов роста на зимостойкость, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья. Пенза, 2009. 22 с.
6. Алексеева О.М., Кривандин А.В., Шаталова О.В., Рыков В.А., Фаттахов С.Г., Буракова Е.Б., Коновалов А.И. Исследование взаимодействия мелафена с фосфолипидными мембранами. *Доклады РАН*. 2009;427(6):839.
7. Вакуленко В.В., Шаповал О.А. Новые регуляторы роста в сельскохозяйственном производстве. Научное обеспечение и совершенствование методологии агрохимического обслуживания земледелия России: сб. ст. М., 2000. С.71-89.
8. Кременцова А.В., Семенов В.А., Ерохин В.Н. Влияние мелафена на развитие солидной карциномы Льюис мышей. Мелафен: механизм действия и области применения. Казань: «Печать сервис XXI век», 2014. 343 с.
9. Казакова В.И., Устюгов В.М., Полиевктова Э.Г. Регуляторы роста-важный резерв растениеводства. *Химия в сельском хозяйстве*. 1984;(4):176.
10. Каримова Ф.Г., Гильманова Р.И., Федина Е.О. Мелафен - индуцированное тирозинное фосфорилирование белков темновой стадии фотосинтеза. Мелафен: механизм действия и области применения. Изд-во: Печать-Сервис XXI век, Казань, 2014. С.69-82.
11. Кириллова И.Г., Аблова Ю.В., Стольников Е.С., Конюхова А.Н. Взаимодействие регуляторов роста мелафена и фитогормонов в регуляции физиологических процессов картофеля. Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. Материалы IV Международной очной научно-практической конференции. М.: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева» г. Орел, Россия. 2016. С.160-165.
12. Осипов А.И., Евдокимова З.З., Шелабина Т.А. Перспективы селекции и семеноводства картофеля на Северо-Западе российской Федерации. *Картофельводство в регионах России. Актуальные проблемы науки и практики*. М., 2006. 246 с.
13. Фаттахов С.Г., Лосева Н.Л., Резник В.С. и др. Меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты (мелафен) в качестве регулятора роста и развития растений и способ ее получения. Патент РФ №2158735 от 10.11.2000. г. Москва.
14. Логинов С.В., Петриченко В.Н., Стукалов М.Ю. Энергия-М в технологии выращивания сахарной свеклы. *Защита и карантин растений*. 2013;(5):52-54.
15. Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях. Материалы Международного научного конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, г.Тверь, 15-16 сентября 2016 г. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2016. С.82-86.
16. Логинов С.В., Колобов С.В. Рентабельность сельскохозяйственного производства с регулятором роста растений "Энергия-М". *Аграрный журнал "Поле деятельности"*. 2012;(7):28-29.
17. Шаповал О.А., Логинов С.В., Вакуленко В.В., Барчукова А.Я. Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий (К 80-летию ВНИИА)/ Под ред. В.Г.Сычева. М.: ВНИИА, 2011. С.189-205.
18. Применение регулятора роста Энергия-М при возделывании озимой пшеницы и ячменя ярового в условиях Волгоградской области [Электронный ресурс]// *Поле деятельности*. 2013 г. №8/9.
19. Туркина О.С. Применение микроудобрений и регуляторов роста растений на столовых корнеплодах. 2011. С.17, 20.
20. Производитель регуляторов роста растений ООО "Флора-Си"[Электронный ресурс], 2011. URL: <http://florasi.ru/images/rek/4.pdf>.
21. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. С.159.
22. Третьяков Н.И. Каталаса. Практикум по физиологии растений. М.: *Агропромиздат*. 1990. 271 с.
23. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы. *Биохимия*. 1951;16(4):352-355.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: *Агропромиздат*, 1985. 351 с.
25. Smith H.H. [et al.]Multiple molecular forms of peroxidases and esterases among Nicotiana species and amphiploids. *Plant Physiol*. 1976;57(6):203-212.

• **References**

1. Shapoval O.A., Mozharova I.P., Barchukova A.Ya. Plant growth regulators in agrotechnologies of basic agricultural crops. M.: VNIIA, 2015. (In Russ.)
2. Vakulenko V.V. Growth regulators. *Plant protection and quarantine*. 2004;(1):24-26. (In Russ.)
3. Voronina L.N., Malevannaya N.N. Duration of treatment of radish, cucumber, oat seeds with zircon preparation in various concentrations. *Reports of the RAAS*. 2003;(5):13-15.
4. Pavlikova E.V., Tkachuk O.A., Orlov A.N. Efficiency of systems of winter tillage and plant growth regulators in the technology of spring wheat cultivation. *Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2012;1(17):34-38. (In Russ.)
5. Tserkovnova O.M. Influence of growth regulators on winter hardiness, yield and quality of winter wheat grain in the forest-steppe of the Middle Volga region. Penza, 2009. 22 p. (In Russ.)
6. Alekseeva O.M., Krivandin A.V., Shatalova O.V., Rykov V.A., Fattakhov S.G., Burlakova E.B., Konovalev A.I. Investigation of the interaction of melafen with phospholipid membranes. *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 2009;427(6):839. (In Russ.)
7. Vakulenko V.V., Shaoval O. A. New growth regulators in agricultural production/ Scientific support and improvement of the methodology of agrochemical maintenance of agriculture in Russia: collection of articles. M., 2000. pp.71-89. (In Russ.)
8. Kremntsova A.V., Semenov V.A., Erokhin V.N. The influence of melafen on the development of solid Lewis mouse carcinoma. Melafen: mechanism of action and fields of application. Edited by S.G. Fattakhov, V.V. Kuznetsov, N.V. Zagotskina. Kazan: "Printing service XXI century". 2014. 343 p. (In Russ.)
9. Kazakova V.I., Ustyugov V.M., Polyevktova E.G.. Growth regulators - an important reserve of crop production. *Chemistry in agriculture*. 1984;(4):176. (In Russ.)
10. Karimova F.G., Gilmanova R.I., Fedina E.O. Melafen – induced tyrosine phosphorylation of proteins of the dark stage of photosynthesis. Melafen: mechanism of action and fields of application. Publishing House: Print-Service XXI century, Kazan, edited by S.G. Fattakhov, V.V. Kuznetsov, N.V. Zagotskina, 2014. Pp.69-82. (In Russ.)
11. Kirillova I.G., Ablova Yu.V., Stolnikova E.S., Konyukhova A.N. Interaction of growth regulators melafen and phytohormones in the regulation of physiological processes of potatoes. Actual problems of natural science education, environmental protection and human health. Materials of the IV International intramural scientific and practical conference. Moscow: Oryol State University imebni I. S. Turgenev, Orel, Russia. 2016. pp. 160-165. (In Russ.)
12. Osipov A.I., Evdokimova Z.Z., Shelabina T.A. Prospects of potato breeding and seed production in the North-West of the Russian Federation. *Potato growing in the regions of Russia. Actual problems of science and practice*. M., 2006. 246 p. (In Russ.)
13. Fattakhov S.G., Loseva N.L., Reznik B.C. et al. Melamine salt of bis(oxymethyl) phosphic acid (melafen) as a regulator of plant growth and development and a method for its preparation. Patent of the Russian Federation No. 2158735 dated 10.11.2000. Moscow. (In Russ.)
14. Loginov S.V., Petrichenko V.N., Stukalov M.Yu. Energy-M in the technology of sugar beet cultivation. *Protection and quarantine of plants*. 2013;(5):52-54. (In Russ.)
15. Innovative agro- and biotechnologies in adaptive landscape farming on reclaimed lands. Materials of the International Scientific and Practical Conference of the FGBNU VNIIMZ, Tver, September 15-16, 2016, Tver: Tver State University, 2016. pp.82-86. (In Russ.)
16. Loginov S.V., Kolobov S.V. Profitability of agricultural production with plant growth regulator "Energiya- M". *Agrarian journal "Field of activity"*. 2012;(7):28-29. (In Russ.)
17. Shapoval O.A., Loginov S.V., Vakulenko V.V., Barchukova A.Ya. Innovative solutions for regulating soil fertility of agricultural lands (To the 80th anniversary of VNIIA). Edited by V.G. Sychev. M.: VNIIA, 2011. pp.189-205.
18. Application of the growth regulator Energiya-M in the cultivation of winter wheat and spring barley in the conditions of the Volgograd region [Electronic resource]. *Field of activity*. 2013. No.8/9. (In Russ.)
19. Turkina O.S. Application of micronutrients and plant growth regulators on table root crops. 2011. p.17, 20. (In Russ.)
20. Manufacturer of plant growth regulators LLC "Flora-Si"[Electronic resource], 2011. URL: <http://florasi.ru/images/rek/4.pdf> (In Russ.)
21. State register of selection achievements approved for use. T.1. "Varieties of Plants" (official publication). M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2021. P.159. (In Russ.)
22. Tretyakov N.I. Katalase. M.: *Agropromizdat*. 1990. 271 p. (In Russ.)
23. Boyarkin A.N. Rapid method for determining peroxidase activity. *Biochemistry*. 1951;16(4):352-355. (In Russ.)
24. Dospikhov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). M.: *Agropromizdat*, 1985. 351 p. (In Russ.)
25. Smith H.H. [et al.]Multiple molecular forms of peroxidases and esterases among Nicotiana species and amphiploids. *Plant Physiol*. 1976;57(6):203-212.

## Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-91-97>  
УДК 635.64:632.482.11

М.Е. Слетова

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

Адрес для переписки: gvina@yandex.ru

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности.** Благодарю зав. лаб. тыквенных культур ФГБНУ ФНЦО к.с.-х. наук Коротцеву И.А., старшего научного сотрудника Химич Г.А. за содействие в подготовке материалов.

**Для цитирования:** Слетова М.Е. Видовой состав возбудителей настоящей мучнистой росы тыквенных культур. *Овощи России*. 2022;(4):91-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-91-97>

**Поступила в редакцию:** 30.06.2022

**Принята к печати:** 10.07.2022

**Опубликована:** 20.07.2022

Maria E. Sletova

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

Corresponding author: gvina@yandex.ru

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

**Acknowledgments.** I thank the head laboratory of pumpkin cultures FSBSI FSVC Cand. Sci. I.A. Korottseva and leading researcher G.A. Khimich for assistance in the preparation of materials.

**For citations:** Sletova M.E. Species composition and identification of pathogens of real powdery mildew of pumpkin crops. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(4):91-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-4-91-97>

**Received:** 30.06.2022

**Accepted for publication:** 10.07.2022

**Published:** 20.07.2022

# Видовой состав возбудителей настоящей мучнистой росы тыквенных культур



## Резюме

При возделывании тыквенных культур в большинстве сельскохозяйственных регионов мира одним из наиболее агрессивных заболеваний является настоящая мучнистая роса, поражение растений при которой при оптимальных для возбудителя почвенно-климатических условиях достигает 100%. В открытом и защищённом грунте среди выращиваемых представителей семейства *Cucurbitaceae*, наибольшее распространение и вредоносность оказывают виды: *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht ex Fr.) Poll) и *Erysiphe cichoracearum* f. sp. *cucurbitacearum* (DC ex Merat) (*Golovinomyces cichoracearum*). В регионах, где присутствуют оба фитопатогена, могут встречаться смешанные инфекции, затрудняющие идентификацию, а, соответственно и дальнейшие мероприятия по защите растений. Возбудители настоящей мучнистой росы тыквенных культур имеют различные требования к температуре и влажности. В течение вегетационного периода может наблюдаться смена видового состава при изменении условий, например, с наступлением нового сезона. По биологическим характеристикам *S. fuliginea* и *E. cichoracearum* относятся к облигатным биотрофным патогенам, неспособным к самостоятельному существованию без живой фотосинтезирующей ткани, кроме зимующей (половой) стадии телеоморфы в виде шаровидных клейстотеций. В этой стадии возбудителей несложно дифференцировать по особенностям морфологии клейстотеций. При анализе растительного материала бахчевых невооружённым взглядом оба вида вызывают схожие симптомы поражения, однако методом микроскопии эти организмы можно различить по комплексу морфологических характеристик. Таксономически значимыми признаками являются: расположение мицелия, образование конидий (единичное или цепочечное), наличие или отсутствие заметных фиброзиновых телец, особенности аппрессория, размер и форма конидий, а также положение и тип их ростковых трубок. Работами российских и зарубежных учёных показана возможность определять виды и физиологические расы патогенов с помощью косвенного метода: реакции на растения – дифференциаторы. На сегодняшний день известно около 30 физиологических рас возбудителя *P. xanthii* и 2 расы *E. cichoracearum*. Однако данный метод не всегда коррелирует с методами молекулярного анализа. Определение видового состава возбудителей мучнистой росы, является отправной точкой для разработки дальнейшей стратегии возделывания тыквенных культур и в селекционной работе на устойчивость к данному заболеванию.

**Ключевые слова:** *Podosphaera xanthii*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Erysiphe cichoracearum*, *Golovinomyces cichoracearum*, возбудители настоящей мучнистой росы тыквенных культур

## Species composition and identification of pathogens of real powdery mildew of pumpkin crops

### Abstract

When cultivating pumpkin crops in most agricultural regions of the world, one of the most aggressive diseases is real powdery mildew, the damage of plants in which, under optimal soil and climatic conditions for the pathogen, reaches 100%. In the open and protected ground, among the cultivated representatives of the *Cucurbitaceae* family, the most widespread and harmful are the species *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht ex Fr.) Poll and *Erysiphe cichoracearum* f. sp. *cucurbitacearum* (DC ex Merat). In regions where both phytopathogens are present, mixed infections may occur, making identification difficult, and, accordingly, further plant protection measures. The pathogens of this powdery mildew of pumpkin crops have different requirements for temperature and humidity. During the growing season, there may be a change in species composition when conditions change, for example, when a new season begins. Symptoms of the disease in the form of a white or yellowish powdery plaque in the form of rounded spots (mainly on the leaves) can manifest themselves at all stages of plant development, the susceptibility of which increases by the beginning of fruiting. According to biological characteristics, *S. fuliginea* and *E. cichoracearum* are obligate biotrophic pathogens, unable to exist independently without living photosynthetic tissue, except for the wintering (sexual) stage of teleomorphs in the form of globular kleistothecia. At this stage, it is not difficult to differentiate pathogens by the morphology of kleistothecium. When analyzing the plant material of melons with the naked eye, *S. fuliginea* and *E. cichoracearum* cause similar symptoms of damage, but by microscopy these organisms can be distinguished by a complex of morphological characteristics. Taxonomically significant features are: the location of the mycelium, the formation of conidia (single or chain), the presence or absence of noticeable fibrosin bodies, the features of the appressoria, the size and shape of the conidia, as well as the position and type of their sprout tubes. The works of Russian and foreign scientists have shown the possibility of determining the types and physiological races of pathogens using an indirect method: reactions to differentiator plants. To date, about 30 physiological races of the pathogen *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*) and 2 races of *E. cichoracearum* are known. However, this method does not always correlate with the methods of molecular analysis. Determination of the species composition of powdery mildew pathogens is a starting point for the development of a further strategy for the cultivation of pumpkin crops and in breeding work for resistance to this disease.

**Keywords:** *Podosphaera xanthii*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Erysiphe cichoracearum*, *Golovinomyces cichoracearum*, pathogens of real powdery mildew of pumpkin crops

**Введение**

Возбудители настоящей мучнистой росы тыквенных культур участвуют в конкурентной борьбе за урожай с человеком с самого начала возделывания представителей семейства *Cucurbitaceae*. Имея потенциально высокую агрессивность и вирулентность, эти патогенные грибы обнаруживают не только механизмы преодоления устойчивости растений, но и поразительную лёгкость к быстрому развитию устойчивых к фунгицидам рас. Их эволюционный потенциал позволяет поражать ценные для возделывания тыквенные культуры на большинстве континентов как в условиях открытого, так и защищённого грунта. Кроме того, растения, ослабленные воздействием паразита, становятся более восприимчивыми к другим грибным, бактериальным и вирусным заболеваниям [1].

Приоритетным, с точки зрения безопасного в пищевом отношении, способом борьбы с заболеванием является создание устойчивых сортов и гибридов востребованных тыквенных культур [2, 3].

Так, например, на сегодняшний момент среди требований, предъявляемых к гибридам огурца, особенно выращиваемых в условиях светокультуры является устойчивость к данному возбудителю. По данным Курепина А.В. и др. снижение урожайности при поражении настоящей мучнистой росой в зимне-весенних оборотах достигает в среднем 35% [4, 5]. Потери же от настоящей мучнистой росы в мире по разным оценкам в зависимости от почвенно-климатических условий, вирулентности и агрессивности расы патогена и восприимчивости выращиваемых культур достигают 20-100% [6].

Необходимость применения научно обоснованных мер защиты возделываемых культур предполагает знание жизненного цикла фитопатогена, особенностей его биологии и распространения, причин угасания и возобновления эпифитотии, а также динамики инфекционного процесса, которые базируются на точной и своевременной диагностике возбудителя.

Прошрое столетие ознаменовалось применением новых методов в сельском хозяйстве и науке – методов молекулярной диагностики, способствующих прорыву в разных областях науки и открывающих новые возможности в исследованиях. Однако научный взгляд на полученные результаты, например, в области геносистематики, находится в процессе формирования. На этапе мониторинга, а также при интерпретации результата, применяются классические методы микроскопирования и идентификации по морфологическим признакам, с учётом знания экобиологических нюансов и морфологии потенциального возбудителя [7, 8].

**Возбудители настоящей мучнистой росы семейства *Cucurbitaceae***

Экономически значимыми в России и за рубежом, вызывающими заболевания в открытом и защищённом грунте среди возделываемых представителей семейства *Cucurbitaceae*, являются виды *Sphaerotheca fuliginea* (*Schlecht ex Fr.*) *Poll* и *Erysiphe cichoracearum* (*DC ex Merat*) [9, 10, 11, 12]. Указанные выше возбудители могут вызывать поражения растений как индивидуально, так и совокупно, затрудняя при этом идентификацию, а, соответственно и дальнейшую тактику мероприятий по защите [13]. В условиях теплиц чаще всего наибольший вред приносит *Sphaerotheca fuliginea* (*Podosphaera xanthii*).

Согласно современным представлениям возбудители настоящей мучнистой росы относятся к царству *Fungi* отделу

*Ascomycota*; подотделу *Pezizomycotina*; классу *Leotiomycetes*; порядку *Erysiphales* семейству *Erysiphaceae* родам *Sphaerotheca* и *Erisiphe* [14]. Таким образом, оба патогена принадлежат к семейству *Erysiphaceae*, насчитывающему порядка 16 родов и около 650 видов [15].

В засушливых регионах Азии паразитирует ещё один вид возбудителя настоящей мучнистой росы тыквенных – *Leveillula taurica* f. *cucurbitacearum* *Gol.* В Российской Федерации, как правило, этот фитопатоген обнаруживается в южных регионах [16].

К сожалению, в научных публикациях, описывающих номенклатуру возбудителей настоящей мучнистой росы тыквенных культур как в нашей стране, так и за рубежом, встречаются противоречия и до сих пор нет единой позиции мирового научного сообщества. Этот факт, в свою очередь, осложняет интерпретацию и сравнение результатов разных исследований. Так, характерной особенностью в России является не редкое использование наименования грибов по конидиальной стадии – анаморфе, а в зарубежной практике доминирует по телеоморфе. [17]. В работах одних исследователей возбудитель настоящей мучнистой росы обозначается как *Sphaerotheca fuliginea* *Schlecht. ex Fr. Poll.* [18] в других тот же самый фитопатоген носит названия *Podosphaera xanthii* или *Podosphaera fusca* [7, 19, 20], а также встречаются упоминания о *Sphaerotheca cucurbitae* [21, 22].

Другой возбудитель мучнистой росы бахчевых, отличающийся морфологическими и биологическими характеристиками, упоминается в литературе как *Erysiphe cichoracearum* [23] или описывается как *Golovinomyces cichoracearum* и *Erysiphe orontii* [19].

Разногласия в обозначениях возбудителей затрудняют работу по анализу научной информации и её применению в практике. Поэтому предпринятые специалистами в области систематики и другими учёными усилия для единой позиции привели к тому, что на сегодняшний момент предпочтительное наименование в литературе *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea* или *Podosphaera fusca*), а также *Erysiphe cichoracearum* (*Golovinomyces cichoracearum* или *Erysiphe orontii*) [24].

**Требования к температуре и влажности**

Возбудители настоящей мучнистой росы тыквенных культур, обитающие в разных регионах, имеют различные требования к температуре и влажности. Наблюдения американских учёных, проведённые в 1964 году, при развитии эпифитотии на дыне в Калифорнии показали, что конидии выделенного изолята *P. xanthii* развиваются при влажности свыше 65% и температуре 9...34°C (оптимальная температура составила 21...22°C) [25].

В России исследования, проведённые на культурах арбуза и дыни Соколовым Ю.В., выявили менее теплолюбивых паразитических представителей этого вида. Оптимальными температурными условиями для развития рас *S. fuliginea* (*P. xanthii*), характерными для почвенно-климатического региона Астрахани, были 15...21°C [26].

Работами других исследователей показано, что для данного вида фитопатогена сочетание повышенной влажности с более прохладными условиями ( $\geq 65\%$ ,  $\leq 15^\circ\text{C}$ ) создавало условия для более низкой споруляции, но способствовало повышению агрессивности наблюдаемых рас. В то же время на фоне жаркой сухой погоды споры были многочисленны, но проявляли слабую патогенность. В среднем, по их данным, инкубационный период в естественных условиях от момента

заражения до появления симптомов может длиться от 5 до 11 суток [27].

Для другого возбудителя настоящей мучнистой росы тыквенных культур – *E. cichoracearum* благоприятной температурой в условиях Калифорнии является 15...30°C (оптимальная – 25°C) и влажность ниже 50% [25]. В астраханском регионе благоприятные для роста и развития местного фитопатогена температурные условия составили 21...27°C и инкубационный период 5 суток [26].

Для диагностики и прогнозирования потенциальной эпифитотии важно учитывать то, что в начале заражения может преобладать более холодостойкие представители, но с повышением температуры воздуха в патоккомплексе может нарастать новая популяция. В связи с этим, на одной территории может наблюдаться изменения преобладающей расы или вида фитопатогенов в открытом и защищённом грунте [13, 17].

В то же время наблюдения в разных регионах мира показывают, что на отдельных культурах может встречаться только один вид возбудителя [28].

В регионах, где присутствуют оба фитопатогена, могут встречаться смешанные инфекции, а также может наблюдаться смена видового состава при изменении условий, например, при наступлении нового сезона [29].

### Особенности биологии

По биологическим характеристикам *P. xanthii* и *E. cichoracearum* относятся к облигатным биотрофным патогенам, неспособным к самостоятельному существованию без живой фотосинтезирующей ткани, кроме стадии телеоморфы виде шаровидных клейстотеций [30]. Благодаря данным свойствам, эти грибы не могут культивироваться на искусственных средах и требуют поддержания в «зелёном конвейере» для роста и спорообразования [31, 32].

По способу взаимодействия с растениями эти грибы проявляют свойства эктопаразитов, которые растут на поверхности живой ткани, получая питательные вещества из клеток эпидермиса хозяина через специализированные структуры, называемые гаусториями. К растению – донору питательных веществ фитопатоген крепится с помощью специализированных выростов гиф – апрессориев.

При мониторинге посевов патогена выдаёт характерный мучнистый белый или желтоватый налёт на поверхности растения. Прежде всего, он покрывает листья как с верхней, так и с нижней стороны, но может встречаться споронхождение на стеблях и плодах. Развитие болезни часто начинается с нижнего яруса листьев. Симптомы в виде округлых пятен могут проявляться на всех стадиях развития растения, однако восприимчивость повышается к началу плодоношения [33].

В жизненном цикле представителей аскомицетов присутствуют половая стадия – телеоморфа и конидиальная – анаморфа. В стадии телеоморфы (зимующая стадия) оба вида возбудителя настоящей мучнистой росы хорошо идентифицировать по морфологии клейстотеций (плодовое тело с асками). Однако клейстотеции начинают формироваться к концу вегетации тыквенных. Сигналом к их возникновению служит наступление похолодания. Стимулирует этот процесс разница между ночной и дневной температурой свыше 10°C. Клейстотеции *P. xanthii* и *E. cichoracearum* достаточно хорошо различимы при микроскопировании, однако бывают случаи, когда их сложно обнаружить на растительных остатках, что затрудняет своевременную идентификацию [34]. Для ранней диагностики этот способ не подходит.



Рис. 1. Мучнистая роса на огурце в условиях теплицы Московской области  
Fig. 1. Powdery mildew of cucumber in a greenhouse of the Moscow region



Рис. 2. Симптомы мучнистой росы на кабачках в условиях Московской области  
Fig. 2. Symptoms of powdery mildew on courgette in the conditions of the Moscow region



**Рис. 3. Возбудитель мучнистой росы огурца *Podosphaera xanthii* с фиброзиновыми тельцами**  
**Fig. 3. The causative agent of powdery mildew of cucumber *Podosphaera xanthii* with fibrosin bodies**



**Рис. 4. Прорастание ростковой трубки *Podosphaera xanthii* в лабораторных условиях**  
**Fig. 4. Germination of the germ tube *Podosphaera xanthii* in laboratory conditions**

В период роста и плодоношения тыквенных культур паразитические грибы находятся в конидиальной стадии (анаморфы). В этой стадии благодаря конидиям, прикрепленным к конидиеносцам, поражённое растение имеет узнаваемый специфический талькообразный налет. В течение благоприятного для развития периода заражение осуществляется конидиями, которые очень мобильны. Они легко открепляются от конидиеносцов и способны преодолевать большие расстояния с потоками воздуха. При попадании на восприимчивое растение начинается рост ростковой трубки, которая преобразуется в ростковую гифу.

По способу прорастания ростковой трубки в лабораторных условиях и другим признакам проводят первичную идентификацию. Для этого свежесобранные споры помещают на предметное стекло в капле стерильной воды и помещают в оптимальные условия для данного вида.

В целом же, при анализе невооружённым глазом растительного материала, *Podosphaera xanthii* и *Erysiphe cichoracearum* вызывают почти идентичные симптомы поражения на тыквенных культурах, однако методом микроскопии эти организмы можно различить по комплексу морфологических характеристик [35].

#### **Дифференциация по морфологическим признакам**

Характеризуя видовую принадлежность представителей семейства Erysiphaceae, оперируют особенностями половой стадии - телеоморфы. В этой стадии формируется плодовое тело – клейстотеций, линейные размеры которого, а также особенности мицелиальных придатков и количество сумок со спорами (асков) являются таксономически важными характеристиками. Однако клейстотеции в почвенно-климатических условиях могут формироваться в конце вегетации при наступлении похолодания. Поэтому в течение вегетационного

периода материал для исследования – конидиеносцы с конидиями. Тем не менее, конидиальная стадия представляет достаточное разнообразие морфологических признаков. Виды могут быть точно идентифицированы, если используется комбинация из нескольких морфологических признаков. Таксономически значимыми признаками являются: расположение мицелия, образование конидий (единичное или цепочечное), наличие или отсутствие заметных фиброзиновых телец, особенности аппрессория, размер и форма конидий, а также положение и тип их ростковых трубок [36].

Оба возбудителя настоящей мучнистой росы имеют тонкостенный мицелий с внутренней дифференциацией перегородками. Сами конидии практически не имеют окраски, достаточно прямые и гибкие. Для диагностики важно то, что зрелые конидии *Podosphaera xanthii* имеют различимые в световом микроскопе фиброзиновые тела, которые отсутствуют у вида *Erysiphe cichoracearum* [37, 38]. Этот признак всегда используют при обнаружении симптомов заболевания в новом географическом регионе. Например, в Бразилии обнаружение мучнистой росы на *Lagerstroemia indica* в 2004 году при отсутствии фиброзиновых телец позволило отнести исследуемый вид к *Erysiphe australiana* [39].

Упомянутые структуры обладают стержнеобразными формами, линейные размеры которых, варьируют от 2 до 8 мкм в диаметре. Фиброзиновые тельца возможно наблюдать, используя световую микроскопию при добавлении к свежесобраным конидиям 3%-ный водный раствор KOH. Назначение этих образований остаётся неясным, однако это не препятствует использовать их в качестве таксономически значимой характеристики [40, 41].

Таксономическая ценность строения и формы конидий остаётся предметом дискуссии, однако может быть использована в качестве дополнительной характеристики. У вида *P.*

Таблица 1. Морфологические особенности возбудителей настоящей мучнистой росы огурца [\*43], [\*\*26]  
Table 1. Morphological features of pathogens of powdery mildew of cucumbers

Название	Наличие фибриновых тел	Размер конидий (*)		Соотношение длины и ширины (*)	Время и оптимальная температура прорастания в лабораторных условиях (**)	Место прорастания конидии (лабораторные условия) (**)
		длина	ширина			
<i>Podosphaera xanthii</i>	есть	20-39 мкм	12-22 мкм	1,38-1,66	ч/з 10 ч при 27°C	боковое положение (из широкой части ближе к середине)
<i>Erysiphe cichoracearum</i>	нет	25-45 мкм	14-22 мкм	2,04-2,42	ч/з 2,5 ч при 21°C	субтерминальное (из основания, чаще под углом)

*xanthii* бочкообразные или эллипсоидные конидии, апрессорий может быть почти не заметным, с небольшим расширением на кончике. Ростковая трубка – булавовидной или виллообразной формы. У представителей *E. cichoracearum* конидии цилиндрической формы с удлинением на верхушке, апрессории булавовидной формы с некоторым вздутием. Ростковая трубка простая, без явных особенностей [42].

В таблице 1 предоставлены результаты исследований, проведённых учёными в северной части Украины и на юге России.

Будучи биотрофами, возбудители настоящей мучнистой росы находятся в тесном взаимодействии с растением – хозяином и сильно подвержены влиянию почвенно-климатических факторов. Поэтому в зависимости от региона обитания их линейные размеры могут варьировать. В Астраханском регионе, где потери урожая от заболевания на культуре арбуза могут достигать 15-26% длина конидий *E. cichoracearum* составляет  $31,88 \pm 0,14$  мкм и ширина –  $16,98 \pm 0,08$  мкм, при этом индекс составил  $1,91 \pm 0,01$ . В этих же условиях размеры конидий *P. xanthii*: длина –  $32,09 \pm 0,12$ , ширина –  $19,37 \pm 0,08$  мкм и индекс –  $1,68 \pm 0,01$  [26].

#### Использование растений – дифференциаторов для определения видов и рас возбудителей

Работами российских и зарубежных учёных показана возможность определять виды и физиологические расы патогенов с помощью косвенного метода: реакции на растения – дифференциаторы. На сегодняшний день известно около 30 физиологических рас возбудителя *P. xanthii* и 2 расы *E. cichoracearum* [44, 45].

Сообщение о первой расе настоящей мучнистой росы на дыне относится к 1925 году в США. Уже в 1938 году устойчивость первого коммерческого сорта дыни PMR 45 была успешно преодолена появлением второй расы патогена. В дальнейшем в Индии, Израиле, Чехии были обнаружены новые расы 3 и 4 [46]. Бардин и его коллеги в 1997 году предложили дифференциальный набор из сортов дынь, включающий сорта с известной реакцией на идентифицированные расы мучнистой росы [47]. Однако новые расы по-прежнему обнаруживаются, расширяя набор дифференциаторов. Благодаря сдвигам в популяциях, которые возникают как вследствие смены сезонов, климата, перемещения по географическим зонам или при появлении нового растения – хозяина этот процесс будет продолжаться.

Однако следует отметить, что поскольку агрессивность и вирулентность возбудителя мучнистой росы находится в тесной взаимосвязи с факторами окружающей среды в том числе: с температурой, влажностью, интенсивностью и продолжительностью освещения, питанием растения, наличием/отсутствием дополнительного стрессора и фазой его раз-

вития; то эти же факторы будут определять надёжность и точность идентификации расы патогена. Также важно отметить, что результаты биологических тестов могут не коррелировать с методами молекулярной диагностики [48].

В селекционной работе с тыквенными культурами используют некоторые дифференциаторы, представленные в таблице (2) [49]:

Таблица 2. Виды и сорта – дифференциаторы для определения расы возбудителя мучнистой росы тыквенных культур  
Table 2. Differentiators for determining the race of the pumpkin powdery mildew pathogen

№	Раса настоящей мучнистой росы	Растение - дифференциатор
1	A	<i>C. sativus</i> cv. Marketer
2	B1	<i>C. melo</i> Védrañtais
3	B2	<i>C. melo</i> PMR 45
4	C	<i>C. pepo</i> cv. Diamant F <sub>1</sub>
5	Cm	<i>C. maxima</i> cv. Goliáš
6	D	<i>C. lanatus</i> cv. Sugar Baby

Иногда применяют косвенный метод определения вида возбудителя мучнистой росы тыквенных при заражении арбуза. Считается, что эта культура поражается только видом *E. cichoracearum*. Однако работой Соколова Ю.В. показано, что агрессивные изоляты *P. xanthii* могут заражать арбуз. Также исследования российского ученого показали возможность заражения местными биотипами *E. cichoracearum* растений астры *Aster dumosus* L., мака *Papaver somniferum* L.; *P. xanthii* – фасоли *Faseolus vulgaris* L. и папайи *Carica papaya* L., что позволяет рекомендовать их в качестве дифференциаторов [26].

#### Применение молекулярных методов

Начиная с 90-х годов прошлого столетия, для идентификации патогенов сельскохозяйственных культур интенсивно внедряют методы молекулярного анализа. Анализ нуклеотидных последовательностей генов или участков ДНК/РНК, позволяет проследить филогенетические связи, выявить у растения – хозяина экспрессию конкретных генов, отвечающих за синтез веществ защитной функции и другое. Благодаря тому, что данные методы достаточно специфичны и чувствительны, диагностика заболеваний на их основе с «работающими» протоколами позволяет достаточно точно проводить идентификацию, изучать генетическую изменчивость рас, находить новые виды, совершенствовать номенклатуру близкородственных патогенов [50]. Несмотря на применение новых под-

ходов к решению научных задач, классические методы, не теряют своей актуальности, поскольку только в комплексе позволяют получать достоверные результаты, устраняя недостатки каждого метода, используемого отдельно.

Работой японских учёных в 1998 году показана возможность определять видовую принадлежность возбудителей настоящей росы молекулярными методами как на конидиальной стадии, так и в стадии телеоморфы. Разработанный и улучшенный ими протокол, включающий экстракцию ДНК с помощью метода Chelex, две амплификации с набором праймеров и очистку ДНК электрофорезом, позволил анализировать последовательности ядерной рДНК патогенов мучнистой росы, используя не большое количество исследуемого материала. [51].

Периодические эпифитотии мучнистой росы на тыквенных культурах во всём мире стимулируют разработку новых стратегий получения качественной и безопасной в пищевом отношении продукции. Преодоление барьеров устойчивости ранее не поражающихся растений, усиление агрессивности и вирулентности рас патогена, появление устойчивых к фунгицидам популяций – ставят вопрос о детальном изучении эколого-биологических, морфологических и др. особенностей возбудителей, их видовой и расовой идентификации в каждом географическом регионе выращивания.

Определение видового и расового состава патоконлекса, его динамика в ареале возделывания овощной культуры необходимы как для адекватного и своевременного применения биологических и химических средств защиты, так и для решения задач селекции на устойчивость к преобладающим агрессивным и вирулентным представителям. При создании местных, устойчивых к настоящей мучнистой росе сортов и гибридов тыквенных культур необходимо проводить иммунологическую оценку на искусственном и естественном инфекционных фонах на всех этапах, начиная с исходного материала, обладающего комплексом хозяйственно-ценных признаков.

Этот аспект сохраняет актуальность при продвижении коммерческих селекционных достижений, устойчивых к возбудителям настоящей мучнистой росы, поскольку растения, выращенные в одних почвенно-климатических условиях, могут быть не устойчивы к патогенам в другой зоне, где преобладают другие виды или расы.

В заключение хочется отметить, что стандартизация номенклатуры и подходов к изучению возбудителей настоящей мучнистой росы на мировом уровне благоприятно скажется на развитии и обмене научного и практического опыта и, как следствие, правильном планировании и реализации мероприятий по предотвращению эпифитотий и получению урожая высокого качества.

#### Об авторе:

**Мария Евгеньевна Слетова** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, <https://orcid.org/0000-00003-4117-2565>, адрес для переписки, [gvina@yandex.ru](mailto:gvina@yandex.ru)

#### About the author:

**Maria E. Sletova** – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher at the Laboratory of Immunity and Plant Protection, <https://orcid.org/0000-00003-4117-2565>, Correspondence Author, [gvina@yandex.ru](mailto:gvina@yandex.ru)

#### • Литература

- McCreight, J. D. Melon-powdery mildew interactions reveal variation in melon cultigens and *Podosphaera xanthii* races 1 and 2. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2006;(131):59-65.
- Коротцева И.Б., Кушнерёва В.П. Особенности выращивания сортов огурца селекции ВНИИССОК в открытом грунте Нечерноземной зоны РФ. *Овощи России*. 2009;(2):43-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-2-43-45>
- Kuzuya M., Hosoya K., Yashiro K., Tomita K., Ezura H. Powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) resistance in melon is selectable at the haploid level. *Journal of Experimental Botany*, 2003;54(384):1069-1074. DOI: 10.1093/jxb/erg100
- Курепин А.В., Першин А.Ф., Шевкунов В.Н. «Световая цена» урожая огурца в зимне-весенних оборотах теплиц. *Овощи России*. 2021;(2):34-38. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-34-38>
- Король В.Г. Гибриды огурца, рекомендуемые для выращивания в защищенном грунте в условиях искусственного освещения. *Овощи России*. 2021;(5):32-38. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-32-38>
- El-Naggar M.A., El-Deeb M.H., Seham S. Ragab. Applied approach for controlling powdery mildew disease of cucumber under plastic houses. *Pak. J. Agril. Eng. Vet. Sci.* 2012;(28):54-64.
- Meeboon J., Takamatsu S. Notes on powdery mildews (Erysiphales) in Japan: III. *Golovinomyces* and *Podosphaera*. *The Mycological Society of Japan*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.myc.2014.07.002>
- Takamatsu S., Heluta V., Havrylenko M., Divarangkoon R. Four powdery mildew species with catenate conidia infect Galium: molecular and morphological evidence. *Mycological Research*. 2009;113(1):117–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.myc.2014.07.002>
- Гладышко С.Н., Кушнерёва В.П., Корганова Н.Н. Исходный материал для селекции огурца с групповой устойчивостью к болезням. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2002;(37):60-64.
- Кушнерёва В.П. Создание исходных партенокарпических форм огурца, устойчивых к мучнистой росе: дис. канд. с.-х. наук. М., 1982.
- Портянкин А.Е., Шевкунов В.Н. Особенности развития мучнистой росы огурца в защищенном грунте. Состояние и проблемы научного обеспечения овощеводства защищенного грунта (материалы Международной научной конференции). М., 2003. С.75-76.
- Чистякова Л.А., Бирюкова Н.К. Оценка селекционных линий огурца на устойчивость к пероноспорозу и мучнистой росе. *Гаурш.* 2012;(1):38-41.
- Николаев А.Н. Мучнистая роса тыквенных культур в Молдове. *Аграрная наука*. 2019;(3):96–101. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-96-101>
- <https://www.mycobank.org/page/Simple%20names%20search>
- Braun U., Cook R.T.A., Inman A.J., Shin H.D. The Taxonomy of the Powdery Mildew Fungi. in: *The Powdery mildews: A Comprehensive Treatise*. 2002;(1):13-55.
- Соколов Ю.В. Новый вид для Астраханской области возбудителя мучнистой росы, паразитирующего на тыквенных культурах. Сборник статей молодых ученых и аспирантов НИИОХ. М., 1977. Вып.8. С.31.
- Lebeda, A., Kristkova, E., Sedlakova, B., McCreight, J. D., and Coffey, M. D. 2008. New concept for determination and denomination of pathotypes and races of cucurbit powdery mildew. 125-134 In: *Cucurbitaceae* 2008. Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of *cucurbitaceae*, Avignon, France, 21-24 May 2008. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Paul Michel Molot, Hervé Lecoq. Les oïdiums des Cucurbitacées. I. - Données bibliographiques. Travaux préliminaires. *Agronomie, EDP Sciences*. 1986;6(4):355-362. hal-00884885
- del Pino D., Olalla L., Perez-Garcia A., Rivera M. E., Garcia S., Moreno R., de Vicente A., Tores J.A. Occurrence of races and pathotypes of cucurbit powdery mildew in southeastern Spain. *Phytoparasitica*. 2002;(30):459-466.
- López-Ruiz F. J., Pérez-García A., Fernández-Ortuño D., Romero D., García E., de Vicente A., Brown J.K., Torés J.A. Sensitivities to DMI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in southcentral Spain. *Pest Management Science*. 2010;(66):801-808.
- Morishita M., Sugiyama K., Saito T., Sakata Y. Powdery mildew resistance in cucumber. *Jarq - Jpn. Agric. Res. Q.* 2003;(37):7-14.

22. Haramoto M., Hamamura H., Sano S., Felsenstein F.G., Otani H. Sensitivity monitoring of powdery mildew pathogens to cyflufenamid and the evaluation of resistance risk. *J. Pestic. Sci.* 2006;(31):397-404.
23. Bertrand F., Pitrat A. Screening of a muskmelon germplasm for susceptibility to 5 pathotypes of powdery mildew. 1989. 140-142 p. In: Proceedings of *Cucurbitaceae: Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm ARS/USDA*.
24. Cohen R., Burger Y., Katzir N. Phytopathology/Mycology R. *Phytoparasitica* 2004;32(2):174-183.
25. Yarwood C. E., Gardner M. W. Unreported powdery mildews. *Plant Dis. Repr.* 1964;(48):310.
26. Соколов Ю.В. Разработка и усовершенствование методики селекции арбуза и дыни на устойчивость к мучнистой росе. Астрахань, 2007.
27. Bashi E., Aust H.J. Quality of spores produced in cucumber powdery mildew compensated for their quantity. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 1980;(87):594-599.
28. Endo T., El Guilli M., Farih A., Tantaoui A. Identification of powdery mildew fungus on Moroccan cucurbitaceous plants Al Awamia. 2012. 125-126 p.
29. Lebeda A. The genera and species spectrum of cucumber powdery mildew in Czechoslovakia. *Phytopath. Z.* 1983;(108):71-79.
30. McGrath, M. T. Powdery mildew of cucurbits. Cooperative Extension, Cornell University. Online publication. PP 732.30, 1997.
31. Alvarez B.y., Torés J.A. In vitro growth of *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.). Effect of different carbon sources on its development. *Bol. San. Veg. Plagas.* 1997;23(2):283-288.
32. Bertrand F., Pitrat A. Screening of a muskmelon germplasm for susceptibility to 5 pathotypes of powdery mildew. 1989. 140-142 p. In: Proceedings of *Cucurbitaceae: Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm ARS/USDA*.
33. Lebeda A., Sedlakova B. Screening for Resistance to Cucurbit Powdery Mildew (*Golovinomyces cichoracearum*, *Podosphaera xanthii*). Pages 295-307 in: Mass Screening Techniques for Selection Crops Resistant to Disease, 2010. vol. 1. M. Miranda and M. M. Spencer, eds. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna.
34. McCreight J.D. Notes on the change of the causal species of cucurbit powdery mildew in the U.S. *Cucurbit Genet. Coop. Rpt.* 2004;(27):8-23.
35. Cook R.T.A., Inman A.J., Billings C. Identification and classification of powdery mildew anamorphs using light and scanning electron microscopy and host range data. *Mycol. Res.* 1997;(101):975-1002.
36. Hans J. Boesewinkel The morphology of the imperfect states of powdery mildews (Erysiphaceae). *The botanical review.* 1980;(46):167-224.
37. Пидопличко Н.М. Грибы паразиты культурных растений. Киев. Т. 1. 1977. 296 с.
38. Сокирко В.П., Горьковенко В.С., Зазимко М.И. Фитопатогенные грибы (морфология и систематика). Краснодар: КубГАУ, 2014. 178 с.
39. Liberato J.R., Barreto R.W. New Disease Reports Anamorphic *Erysiphe australiana* causing powdery mildew on *Lagerstroemia indica* in Brazil Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brazil \*rbarreto@ufv.br Accepted: 28 Jun 2004.
40. Braun U., Cook R.T.A., Inman A.J., Shin H.D. The Taxonomy of the Powdery Mildew Fungi. in: The Powdery mildews: A Comprehensive Treatise, 2002;(1):13-55.
41. Belanger R.R., Bushnell W.R., Dik A.J., Carver T.L.W., eds. American Phytopathological Society Press, Saint Paul, MN.
42. Cook R.T.A., Braun U. Conidial germination patterns in powdery mildews. *Mycological Research.* 2009;113(5):616-636. doi:10.1016/j.mycres.2009.01.010
43. Tomason Y., Gibson P.T. Fungal characteristics and varietal reactions of powdery mildew species on cucurbits in the steppes of Ukraine. *Agronomy Research.* 2006;(4):549-562.
44. Lebeda A., Kristkova E., Sedlakova B., Coffey M.D., McCreight J.D. Gaps and perspectives of pathotype and race determination in *Golovinomyces cichoracearum* and *Podosphaera xanthii*. *Mycoscience.* 2011;(52):159-164.
45. Дютин К.Е., Соколов Ю.В. Определение видов мучнистой росы тыквенных культур по конидиальной стадии. Сборник научных трудов ВНИИОБ.-Астрахань, 1978. Вып.7. С.11-14.
46. Jahn M., Manger H.M., McCreight J.D. Breeding cucurbit crops for powdery mildew resistance, in: Belanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A.J. and Carver, L.W. [Eds.] The Powdery Mildews, A Comprehensive Treatise. APS Press, St. Paul, MN, USA. 2002. pp. 239-248.
47. Bardin M., Nicot P.C., Normand P., Lemaire J.M. Virulence variation and DNA polymorphism in *Sphaerotheca fuliginea*, causal agent of powdery mildew of cucurbits. *Eur. J. Plant Pathol.* 1997;(103):545-554.
48. Cohen R., Burger Y., Katzir N. Monitoring Physiological Races of *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*), the Causal Agent of Powdery Mildew in Cucurbits: Factors Affecting Race Identification and the Importance for Research and Commerce, PHYTOPATHOLOGY/MYCOLOGY R. Cohen et al. *Phytoparasitica.* 2004;32(2):174-183.
49. Bertrand, F. 1991. Les oidiums des Cucurbitacées. Thèse Université Paris – Sud - Orsay. Spécialité "Phytopathologie", 225.
50. Чесноков Ю.В., Косолапов В.М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. Москва: ООО «Угрешская типография», 2016. 172 с.
51. Takamatsu S., Hirata T. Nucleotide Diversity Of Rdna Internal Transcribed Spacers Extracted From Conidia And Cleistothecia Of Several Powdery Mildew Fungi. *Mycoscience.* 37(3). DOI:10.1007/BF02461299
52. Chen W.Y., Tsay J.G. Differentiation of two powdery mildews of sunflower (*Helianthus annuus*) by a PCR-mediated method based on ITS sequences. *European journal of plant pathology.* 2008;121(1):1-8. DOI 10.1007/s10658-007-9234-5

#### • References (In Russ.)

2. Korottseva I.B., Kushnereva V.P. Cucumber growing in open field in Non-Chernozem zone of Russia. *Vegetable crops of Russia.* 2009;(2):43-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-2-43-45>
4. Kurepin A.V., Pershin A.F., Shevkunov V.N. «Lighting price» of cucumber yield in the winter-spring turnover of greenhouses. *Vegetable crops of Russia.* 2021;(2):34-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-34-38>
5. Korol V.G. Recommended cucumber hybrids for growing in greenhouses under conditions artificial lighting. *Vegetable crops of Russia.* 2021;(5):32-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-32-38>
9. Gladysheko S.N. Kushnereva V.P., Korganova N.N. Source material for cucumber breeding with group resistance to diseases. *Selection and seed production of vegetable crops.* 2002;(37): 60-64. (In Russ.)
10. Kushnereva V.P. Creation of initial parthenocarpic forms of cucumber resistant to powdery mildew. M., 1982. (In Russ.)
11. Portyankin A.E., Shevkunov V.N. Features of the development of powdery mildew of cucumber in protected soil. The state and problems of scientific support of vegetable growing of protected soil (materials of the International Scientific Conference. M., 2003. pp. 75-76. (In Russ.)
12. Chistyakova L.A., Biryukova N.K. Evaluation of cucumber breeding lines for resistance to peronosporosis and powdery mildew. *Gavrish.* 2012;(1):38-41. (In Russ.)
13. Nicolaev A.N. Powdery mildew of cucurbits in Moldova. *Agrarian science.* 2019;(3):96-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-96-101>
16. Sokolov Yu.V. A new species of powdery mildew pathogen parasitizing pumpkin crops for the Astrakhan region. Collection of articles by young scientists and graduate students of NIIOH. M., 1977. Vol.8. p.31. (In Russ.)
26. Sokolov Yu. V. Development and improvement of methods of selection of watermelon and melon for resistance to powdery mildew.. Astrakhan, 2007. (In Russ.)
37. Пидопличко Н.М. Fungi parasites of cultivated plants. Kiev. Vol. 1. 1977. 296 p. (In Russ.)
38. Sokirko V.P., Gorkovenko V.S., Zazimko M.I. Phytopathogenic fungi (morphology and systematics): textbook. manual. Krasnodar: KubGAU, 2014. 178 p. (In Russ.)
45. Dyutin K.E., Sokolov Yu.V. Determination of the types of powdery mildew of pumpkin crops by the conidial stage. Collection of scientific papers of VNIIOB. Astrakhan, 1978. Issue 7. pp.11-14. (In Russ.)
50. Chesnokov Yu.V., Kosolapov V.M. Genetic resources of plants and acceleration of the breeding process. Moscow: LLC "Ugrshskaya printing house", 2016. 172 p. (In Russ.)



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](mailto:info@vniissok.com)

Интернет-магазин: [www.vniissok.com](http://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](http://www.vniissok.com)