

# Овощи России

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

ISSN 2072-9146 (Print)

ISSN 2618-7132 (Online)

3 2023

VEGETABLE  
crops of RUSSIA  
Scientific peer-reviewed journal



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



**бессмертный**  **ПОЛК**

**Они сражались за Родину!  
Грибовчане – воины-Победители  
в Великой Отечественной войне  
22 июня 1941 – 9 мая 1945 гг.**

**Помним! Гордимся!**

## Главный редактор

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

**Радхи Шьям Сингх** – доцент, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan 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. Аллахвердиев** – доктор биол. наук, проф., Bartin University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**И.Г. 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

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

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

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

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

**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: 09.06.2023**

**Отпечатано в типографии:**

Акционерное общество

«Соломбальская типография».

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

Тел.: +7 (8182) 48-20-20, [www.daprint.ru](http://www.daprint.ru)

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

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



## Editor in chief

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

## EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

**Agnieszka Sekara** – Assoc. Prof., Department of Horticulture, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture, Krakow, Poland  
**Radhey Shyam Singh** – Assistant Professor cum Junior Scientist, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan Bharti Agriculture College, Agwanpur, Saharsa-852202, Bihar Agricultural University, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ivan G. Ushachev** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Economy), Honored Scientist of Russian Federation,

scientific director, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Scientific Institution of Economy of Agriculture", Moscow, Russia

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

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

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

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

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

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

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

**Circulation is 100 copies. Published: 09.06.2023**

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****Вознюк В.П., Аникина О.В., Ким И.В.**Селекционная работа по выведению новых генотипов картофеля  
в условиях Приморского края. .... 5**Колдаев В.М.**Динамика изменения содержания беталаиновых пигментов  
в корнеплодах красной свеклы в процессе вегетации и хранения. .... 10**Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Федорова М.И.**Морфобиологические особенности генеративных органов фертильных  
и стерильных растений свеклы столовой и их изменчивость в результате самоопыления (обзор). .... 16**Немтинов В.И., Костанчук Ю.Н.**

Оценка мутагенных образцов чеснока озимого. .... 24

**Шило Л.М., Беспалько Л.В.**Новый сортообразец льна многолетнего (*Linum perenne* L.)  
Блюз селекции ФГБНУ ФНЦО. .... 31**Корнилова М.С., Рябчикова Н.Б.**Оценка сортообразцов дыни по ценным хозяйственным признакам  
в условиях Волгоградского Заволжья. .... 36**САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Бухаров А.Ф., Федосов А.Ю., Иванова М.И.**

Воздействие на овощеводство изменений климата и способы их преодоления. .... 41

**Харченко В.А., Голубкина Н.А., Терешонок В.И., Молдован А.И.,****Богачук М.Н., Кекина Е.Г., Антошкина М.С., Павлов Л.В., Папазян Т.Т.**

Перспективы производства и использования сока ревеня. .... 50

**Галичкина Е.А., Надежкин С.М.**Влияние хелатных микроудобрений на ростовые процессы  
и урожайность арбуза столового  
в агроэкологических условиях Волгоградского Заволжья. .... 56**Гаплаев М.Ш., Гуцериев И.А.**Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов  
*Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. в условиях Северного Кавказа. .... 61**Ахмедова П.М.**Раннеспелые сорта томата открытого грунта отечественной селекции  
в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. .... 67**Тимушева О.К., Сорокопудов В.Н.**Сравнительная оценка сортов смородины чёрной  
в условиях средней подзоны тайги Республики Коми. .... 73**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Соколова Л.М., Балашова И.Т.**Наследуемость толерантности к патогенным грибам  
*Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови. .... 79**Ирков И.И., Успенская О.Н., Берназ Н.И.**

Эффективность распределённого внесения азота на луке в однолетней культуре. .... 86

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО****Нечаева А.В., Жаркова С.В.**Влияние применения биологических препаратов  
на формирование качественных показателей зерна яровой пшеницы. .... 93

## BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY

**Voznyuk V.P., Anikina O.V., Kim I.V.**

Breeding work on new potato genotypes under the conditions of Primorsky Krai. .... 5

**Koldaev V.M. D**

Dynamics of changes in the content of betalain pigments in red beet roots during the growing season and storage. .... 10

**Vetrova S.A., Kozar E.G., Fedorova M.I.**

Morphobiological features of generative organs of fertile and sterile table beet plants and their variability as a result of self-pollination (review). .... 16

**Nemtinov V.I., Kostanchuk Yu.N.**

Evaluation of mutagenic samples of winter garlic. .... 24

**Shilo L.M., Bespalko L.V.**

The new variety of perennial flax (*Linum perenne* L.) Blues of the selection of the FSBSI FSVC. .... 31

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

Evaluation of melon varieties by valuable economic characteristics in the conditions of the Volgograd Volga Region. .... 36

## HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS

**Bukharov A.F., Fedosov A.Yu., Ivanova M.I.**

Impacts of climate change on vegetable production and ways to overcome them. .... 41

**Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Tereshonok V.I., Moldovan A.I.,**

**Bogachuk M.N., Kekina E.G., Antoshkina M.S., Pavlov L.V., Papazyan T.T.**

Prospects of Rhubarb Juice Production and Utilization. .... 50

**Galichkina E.A., Nadezhkin S.M.**

Influence of chelated microfertilizers on growth processes and yield of table watermelon under agricultural conditions of the Volgograd Volga region. .... 56

**Gaplaev M.Sh., Guceriev I.A.**

Formation of highly productive agrophytocoenoses of *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. in the conditions of the North Caucasus. .... 61

**Akhmedova P.M.**

Early-maturing varieties of open-ground tomato of domestic breeding in the conditions of the Tersko-Sulak subprovincion of Dagestan. .... 67

**Timusheva O.K., Sorokopudov V.N.**

Comparative evaluation of black currant varieties in the conditions of the middle subzone of the taiga of the Komi Republic. .... 73

## AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

**Sokolova L.M., Balashova I.T.**

The heritability of tolerance to pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by carrot hybrids. .... 79

**Irkov I.I., Uspenskaya O.N., Bernaz N.I.**

Efficiency of distributed application of nitrogen on onion (*Allium cepa* L.) cultivated as an annual crop. .... 86

## AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION

**Nechaeva A.V., Zharkova S.V.**

The influence of the use of biological preparations on the formation of quality indicators of spring wheat grain. .... 93

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-5-9>  
УДК 635.21:631.526.2(571.63)

В.П. Вознюк, О.В. Аникина, И.В. Ким\*

ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий  
Дальнего Востока им. А.К. Чайки»  
692539, Приморский край,  
пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

\*Адрес для переписки: kimira-80@mail.ru

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

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

**Для цитирования:** Вознюк В.П., Аникина О.В., Ким И.В. Селекционная работа по выведению новых генотипов картофеля в условиях Приморского края. *Овощи России*. 2023;(3):5-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-5-9>

**Поступила в редакцию:** 10.03.2023

**Принята к печати:** 20.03.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Valentina P. Voznyuk,  
Oksana V. Anikina, Irina V. Kim\*

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

\*Correspondence: kimira-80@mail.ru

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

**Authors' Contribution:** 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:** Voznyuk V.P., Anikina O.V., Kim I.V. Breeding work on new potato genotypes under the conditions of Primorsky Kray. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):5-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-5-9>

**Received:** 10.03.2023

**Accepted for publication:** 20.03.2023

**Published:** 09.06.2023

# Селекционная работа по выведению новых генотипов картофеля в условиях Приморского края



## Резюме

**Актуальность.** Картофель – одна из важнейших сельскохозяйственных культур разнообразного использования. Его клубни – важнейший продукт питания населения. Для современной индустрии особенно актуальное значение имеет развитие селекции и ускоренное продвижение на рынок новых перспективных сортов различного целевого использования. В ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» проведено комплексное изучение гибридов картофеля.

**Цель исследования** – оценить и выделить перспективные гибриды картофеля с высокой урожайностью, ценными потребительскими качествами и устойчивостью к наиболее вредоносным болезням. Исследования осуществлялись в селекционных питомниках, расположенных в с. Пуциловка, Уссурийского района, в долине реки Казачка. Объектом исследований являлись гибриды Purple potato × Манифест и (Аспия × Qusto) × Манифест. При испытании материала за основу приняты методики ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова и ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха». В качестве опылителей использовано 52 сорта разной группы спелости с хорошими показателями по хозяйственно ценным признакам.

**Результаты.** Создана 71 гибридная комбинация, опылено 2272 цветка, получено 640 ягод, эффективность скрещивания 28,2 %. Наибольший процент ягодообразования имели гибриды При-15-12-23 Purple potato × Манифест и При-15-15-7 (Аспия × Qusto) × Манифест. Образцы характеризуются повышенной урожайностью 48,7-51,0 т/га, содержанием крахмала 13,9-16,3 %, витамина С 15,0-15,4 мг/100 г и хорошим вкусом. Клубни генотипов удлинненно-овальной и округло-овальной формы с желтой мякотью и мелкими глазками. У изученных сортообразцов отмечена полевая устойчивость к основным фитопатогенам Дальнего Востока. В настоящее время полученные генотипы находятся в Государственном испытании на устойчивость к раку картофеля (*S. Endobioticum*, Далецкий патотип). Данные образцы представляют большой интерес для селекции.

**Ключевые слова:** картофель, селекция, урожайность, гибриды, биохимические показатели

## Breeding work on new potato genotypes under the conditions of Primorsky Kray

### Abstract

**Relevance.** Potato is one of the most important agricultural crops used for various purposes. Its tubers are an essential food product for many people worldwide. The development of breeding technologies and an accelerated marketing of new promising potato genotypes play a significant role in the industry of potato production today. FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnologies of the Far East named after A.K. Chaiki” conducted a complex study on potato hybrids.

**The research goal** was to evaluate and select promising potato hybrids with high yield, marketability, and resistance to the most dangerous diseases. The experiments were carried out in our breeding nurseries located at Putsilovka v., Ussuriysk district, in the Kazachka river valley. Hybrids Purple potato × Manifest and (Aspiya×Qusto) × Manifest were used as the research object. The methodology of FSBSI “N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources” and FSBSI “Russian Potato Research Center” were employed for the trials of the material. Fifty-two potato varieties from different maturity groups were used as pollen sources.

**Results.** As the result, seventy-one hybrid combinations were created, 2272 flowers were pollinated, and 640 potato fruits were obtained. The efficiency of the crossing was 28.2%. Hybrids Pri-15-12-23 Purple potato × Manifest and Pri-15-15-7 (Aspiya×Qusto) × Manifest had the highest rate of potato fruit formation. These accessions were characterized by good taste and high yield (48.7-51.0 t/ha), starch content (13.9-16.3 %), and vitamin C (15.0-15.4 mg/100 g). Tubers of these genotypes were oblong-oval or round with yellow flesh and small eyes. The studied accessions showed resistance to the main plant pathogens of the Russian Far East. Currently the obtained genotypes are tested for resistance to potato wart disease (*S. Endobioticum*, Dahlem pathotype) in the State variety trials. These accessions generate significant interest for breeding.

**Keywords:** potato, breeding, yield, hybrids, biochemical parameters

**Введение**

В современном мире картофель – одна из важнейших по значимости продовольственных культур. В Российской Федерации в общем балансе картофеля среднегодовой объём его потребления на продовольственные цели оценивается на уровне 13-14 млн. т (90 кг на человека в год) [1].

Селекция новых сортов с высоким адаптивным потенциалом обеспечивает реальный прогресс в повышении урожайности и стабильности показателей столовых качеств клубней [2]. Для обеспечения здорового питания в ближайшем будущем, в селекции картофеля уже сейчас необходимо предусматривать работу с исходным материалом и проведение скрещиваний в направлении создания сортов, различающихся биохимическими показателями клубней [3,4].

В селекции широко используются скрещивания, которые входят составной частью в генетический анализ. Поэтому можно считать, что гибридизация в равной мере является как методом генетики, так и методом селекции [5]. Успех селекции прежде всего зависит от наличия разнообразных исходных форм растений, их генетической изученности, методов гибридизации, оценки и отбора перспективных гибридов [6].

Важное значение для селекционной работы имеет использование родительских форм с комплексом хозяйственно ценных признаков. Немаловажной характеристикой сортов является их пригодность в качестве материнских и отцовских форм при получении гибридного потомства. Подбор материнских форм не представляет больших затруднений. Почти все цветущие растения способны к оплодотворению, хотя и существует немало причин, препятствующих ему. Гораздо сложнее обстоит дело с отцовскими формами. Лишь немногие из цветущих генотипов имеют фертильную пыльцу и способны быть активными опылителями [7].

**Материал и методика исследований**

Селекционная работа по картофелю проводилась в 2015-2022 гг. на селекционно-семеноводческом участке ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»,

расположенном в Уссурийском районе, Приморского края. Питомник сеянцев картофеля размещали в пленочно-марлевой теплице. Гибридные сеянцы выращивали в стаканах (диаметром 15 см) на грядах. Изучение клубневых репродукций сеянцев и сортоиспытание гибридов проводили в поле по схеме селекционного процесса [8,9,10-12]. Объектом исследований являлись гибриды из питомника конкурсного сортоиспытания. В качестве стандарта взят районированный в Дальневосточном регионе сорт Янтарь. Схема посадки 30x90 см. Образцы высаживались в четырехкратной повторности. Площадь делянки в конкурсном сортоиспытании 27,0-32,4 м². Посадку проводили вручную. Фенологические наблюдения и учеты выполняли по методикам [8,13,14]. Полевые испытания сортов и гибридов картофеля на устойчивость к грибным заболеваниям и хозяйственно ценным признакам осуществляли по методикам ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова [13] и ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» [14].

**Результаты исследований и их обсуждение**

Самое важное в гибридизации – это подбор родительских пар для скрещивания. Удачно подобранные формы во многом определяют успех селекционной работы. В 2015 г. в качестве родительских форм для создания гибридных популяций использовали сорта отечественной и зарубежной селекции. В гибридизацию было вовлечено 52 родительские формы, на их основе создана 71 гибридная комбинация, опылено 2272 цветка, получено 640 ягод, эффективность скрещивания составила 28,2%. При анализе их оплодотворяющей способности выделен наиболее эффективный опылитель сорт Манифест и материнские формы: Вализа, Емеля, Тарасов, Невский, Чародей, Purple potato и гибрид Аспия × Qusto. Манифест – белорусский сорт, столового назначения. В результате исследований генотип отнесен к среднеспелой группе созревания. Обладает хорошими вкусовыми качествами, содержанием крахмала – 15,8 %, витамина С – 12,6 мг/100 г. Картофель столового назначения, срок созревания – среднеспелый,

Таблица 1. Результаты скрещиваний по лучшим комбинациям, 2015 год  
Table 1. Crossing results for the best combinations, 2015

Гибридные комбинации	Опылено цветков, шт.	Получено ягод	
		шт.	%
Емеля × Манифест	36	22	61,1
Чародей × Манифест	32	20	62,5
Невский × Манифест	43	27	62,8
Тарасов × Манифест	19	13	68,4
Вализа × Манифест	21	15	71,4
(Аспия × Qusto) × Манифест	31	23	74,2
Purple potato × Манифест	34	26	76,5

Таблица 2. Селекционный отбор гибридов картофеля по питомникам  
Table 2. Breeding selection of potato hybrids by nurseries

Питомники		Purple potato × Манифест	(Аспия × Qusto) × Манифест
Количество опыленных цветков, шт.		34	31
Количество полученных ягод	шт.	26	19
	%	76,5	61,3
Общее число семян, шт.		1100	986
Количество распикированных растений, шт.		595	448
Питомник первой клубневой репродукции, шт.		263	239
Питомник второй клубневой репродукции, шт.		24	23
Предварительное сортоиспытание, шт.		4	8
Основное сортоиспытание, шт.		3	4
Конкурсное сортоиспытание 1-го года, шт.		1	2
Конкурсное сортоиспытание 2-го года, шт.		1	1
Конкурсное сортоиспытание 3-го года, шт.		1	1

клубни овальные, кожура розовая, глазки мелкие, цвет мякоти светло желтый, хорошие вкусовые качества, содержание крахмала – 15,8%, витамина С – 12,6 мг/100 г. Урожайность сорта составляет 37,0 т/га, товарность – 88,1%. С участием выделенных генотипов получено 7 комбинаций, из которых по хозяйственно ценным признакам выделились гибриды При-15-12-23 Purple potato × Манифест, При-15-15-7 (Аспия × Qusto) × Манифест.

Исследованиями отмечены наилучшие результативные гибридные комбинации, обеспечившие максимальное ягодообразование, свыше 60,0%. Процент ягодообразования в проведенных скрещиваниях составил 61,1-76,5%. Наибольшее количество опыленных цветков (43 шт.) и завязавшихся ягод (27 шт.) было отмечено у сортообразца Невский Ч Манифест. Высокий процент ягодообразования (более 70,0%) имели гибриды Вализа × Манифест, (Аспия × Qusto) × Манифест, Purple potato × Манифест (табл. 1)

В питомниках конкурсного сортоиспытания в результате исследований выделено два гибрида (Аспия Ч Qusto) Ч Манифест, Purple potato Ч Манифест (табл. 2).

Ценность сорта определяется не только результатом скрещивания, но и способностью проявлять свои положительные качества в гибридном потомстве. Гибриды, начиная с питомника испытания клонов проходили более детальную оценку и в питомник конкурсного сортоиспытания были отобраны лишь те, у которых ценные признаки родителей были наиболее выражены. Сорт Манифест послужил источником важных показателей. Генотипы унаследовали от отцовской формы хороший вкус, привлекательную овальную форму клуб-

ня, мелкие глазки, розовый пигмент кожуры. В настоящее время гибриды При-15-12-23 Purple potato × Манифест и При-15-15-7 (Аспия×Qusto) × Манифест находятся в конкурсном сортоиспытании третьего.

По срокам созревания селекционные образцы При-15-12-23 и При-15-15-7 характеризовались среднепоздней группой спелости, так как продолжительность вегетационного периода (от посадки до уборки) составляла 114-118 дней.

Основным признаком хозяйственной ценности сортов картофеля является урожайность клубней и ее стабильность [15]. После четырех лет изучения гибридные образцы При-15-12-23 и При-15-15-7 показали высокие показатели (51,0 и 48,7 т/га соответственно), что выше стандарта Янтарь на 11,2 и 8,9 т/га. Максимальная урожайность отмечена у образца При-15-12-23 – 65,9 т/га. Гибрид При-15-15-7 характеризовался высокой массой клубня 126,2 г (табл. 3).

Питательная ценность и вкусовые качества картофеля во многом зависят от биохимических свойств (содержание крахмала, сухого вещества, витамина С, редуцирующих сахаров). Химический состав клубней варьирует в довольно широких пределах и зависит от факторов: сорта, степени зрелости, почвенных и климатических условий, количества и качества удобрений и т.д. [16].

Успешная селекция в направлении повышения крахмалистости клубней сортообразцов картофеля во многом определяется степенью генетической изменчивости этого количественного признака [17]. Крахмал – это главный и сложный по своему составу высокополимерный полисахарид, содержащийся в клубнях картофеля. Его среднее

Таблица 3. Морфологические и хозяйственно ценные признаки сортообразцов картофеля за (2019-2022 годы)  
Table 3. Morphological and economically valuable traits of potato varieties for (2019-2022)

Признак	Стандарт Янтарь		При-15-12-23 Purple potato × Манифест		При-15-15-7 (Аспия × Qusto) × Манифест		V, %
	X	lim	X	lim	X	lim	
Вегетационный период, дней	115	108-121	114	104-119	118	108-127	10,2
Урожайность, т/га	39,8	36,5-41,6	51,0	41,4-65,9	48,7	40,8-56,1	14,3
Масса товарного клубня, г	121,1	101,7-140,7	114,2	96,3-137,7	126,2	117,3-142,2	15,1
Товарность, %	91,4	85,5-92,5	83,6	77,8-89,4	87,5	84,3-91,6	13,4
Содержание: крахмала, % аскорбиновой кислоты, мг/100г редуцирующих сахаров, %	12,0 15,9 0,48	9,8-13,6 14,3-18,4 0,41-0,56	13,9 15,0 0,34	12,5-16,7 13,8-16,1 0,28-0,45	16,3 15,4 0,72	14,8-19,1 13,8-18,4 0,53-1,04	20,8 18,3 16,4
Вкус, балл	6,4	5,7-7,0	7,2	7,0-7,5	7,5	7,0-8,5	10,4
Устойчивость к: Фитофторозу, балл Альтернариозу, балл Ризоктониозу, балл	7,5 6,8 7,5	5,0-9,0 5,0-8,0 7,0-8,0	7,0 6,3 7,5	5,0-9,0 5,0-8,0 7,0-8,0	8,0 6,3 7,8	7,0-9,0 5,0-8,0 7,0-9,0	11,4 10,6 12,1
Форма клубня	округло-овальная		овально-удлиненная		округло-овальная		-
Глубина залегания глазков на клубне	средне-глубокие		мелкие		мелкие		-
Цвет кожуры	желтая		розовая		светло-розовый		-
Цвет мякоти	желтаяжелтая		желтая		желтая		-

содержание в свежих клубнях составляет 17,5% (диапазон варьирования 8,0-29,0%) или 75-80% в сухом веществе [18].

Изученные сортообразцы характеризовались невысокой крахмалистостью в клубнях. Средний показатель этого вещества изменялся в пределах от 12,0 до 16,3%. Содержание крахмала у гибрида При-15-15-7 составило 16,3%, При-15-12-23 – 13,9%. При этом установлено превышение показателей над стандартным сортом – 4,3 и 1,9% соответственно.

Картофель содержит целый набор полезных для человека витаминов. Особое значение имеет содержание витамина С (10-20 мг/100 г сырой массы). При ежедневном употреблении 300 г картофеля можно удовлетворить суточную потребность в витамине С на 70 % [18]. В наших исследованиях содержание витамина С в клубнях изменялось от 13,8 до 18,4 мг/100 г. Гибриды При-15-12-23 и При-15-15-7 имели среднее количество аскорбиновой кислоты 15,0 и 15,4 мг/100 г соответственно.

При переработке картофеля на картофелепродукты их качество во многом зависит от содержания редуцирующих сахаров в сырье, уровень которых не должен превышать 0,4 % [19]. При оценке уровня сахаров в сортообразцах При-15-12-23 и При-15-15-7 обнаружено этих веществ в пределах 0,28-1,04%. По средним показателям выделился генотип При-15-12-23 (0,34%).

Среди многочисленных патогенов, поражающих картофель, сегодня самым вредоносным для картофелеводов в мире является фитофтора (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) [20,21]. Обследуемые образцы При-15-12-23 и При-15-15-7 обладают полевой устойчивостью к фитофторозу (7,0-8,0 баллов) и ризоктониозу (7,5-7,8 баллов) и средней резистентностью (6,3 балла) к альтернариозу.

При оценке столовых качеств было выявлено, что оба генотипа обладают хорошим и отличным вкусом – 7,0-8,5 баллов. Установлено, что кулинарный тип образцов При-15-12-23 и При-15-15-7 отнесен к промежуточной характеристике ВА (первая буква указывает на преобладающий кулинарный тип) [22].

### Заключение

В результате многолетних исследований отобраны два гибрида: При-15-12-23 и При-15-15-7. Образцы обладают высокой стабильной урожайностью 48,7-51,0 т/га, хорошими потребительскими и кулинарными качествами. В настоящее время выделенные генотипы проходят Государственное испытание на устойчивость к раку картофеля (*S. Endobioticum*, Далемский патотип). Данные комбинации представляют большой интерес для селекции и могут стать новыми высокоурожайными сортами.

**Об авторах:**

**Валентина Петровна Вознюк** – научный сотрудник

отдела картофелеводства и овощеводства,

<https://orcid.org/0000-0001-9385-9145>

**Оксана Васильевна Анкина** – младший научный сотрудник

отдела картофелеводства и овощеводства,

<https://orcid.org/0000-0002-0643-100X>

**Ирина Вячеславовна Ким** – ведущий научный сотрудник

отдела картофелеводства и овощеводства,

автор для переписки, [kimira-80@mail.ru](mailto:kimira-80@mail.ru),

<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

**About the Authors:**

**Valentina P. Voznyuk** – Junior Researcher,

Department of Potato and Vegetable Growing,

<https://orcid.org/0000-0001-9385-9145>

**Oksana V. Anikina** – Junior Researcher,

Department of Potato and Vegetable Growing,

<https://orcid.org/0000-0002-0643-100X>

**Irina V. Kim** – Leading Researcher,

Department of Potato and Vegetable Growing,

Correspondence Author, [kimira-80@mail.ru](mailto:kimira-80@mail.ru),

<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, автор для переписки

**• Литература**

1. Семеноводство картофеля в России: инновационные технологии, регламенты качества, новые перспективные сорта: монография. Владикавказ. 2022. С. 5-17.
2. Симаков Е.А. Конкурентоспособность новых сортов картофеля российской селекции. *Аграрная политика*. 2020;9(31):58-63. EDN KYXTUL.
3. Landrum J., Bone R. Lutein, zeaxanthin and macular pigment. *Arch. Biochem.* 2001;(385):28-40.
4. Brawn C.R., Wrolstadt R., Durst C.P. Breeding studies in potato containing high concentrations of anthocyanins. *Am. Potato J.* 2003;(8):241-250.
5. Пыльнев В.В., Березкин А.Н. Основы селекции и семеноводства. Санкт-Петербург: Лань. 2022. 216 с.
6. Молявко А.А., Еренкова Л.А., Антощенко Ф. Е., Свист В.Н. Селекция и размножение сортов картофеля на Брянщине. *Картофельводство: Сборник научных трудов. Материалы координационного совещания и научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения А.Г. Лорха / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. НИИ картоф. хоз-ва; под ред. Е.А. Симакова. М. 2009. С. 112-116.*
7. Новоселов А.К., Новоселова Л.А., Ильяшик Т.М., Волик Н.М. Результаты практической селекции картофеля в Приморском. *Картофельводство: сбор. Науч. Статей, под ред. Е.А. Симакова. М., 2011. С. 123-127.*
8. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / сост. Е.А. Симаков, Н.П. Скляр, И.М. Яшина. М.: ВНИИХ. 2006. 72 с.
9. Методика селекционных работ до 2010 г. по созданию высокопродуктивных, комплексно-ценных сортов зерновых, сои, многолетних трав, картофеля, овощей и плодово-ягодных культур в зоне Дальнего Востока/ ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние, ДальНИИСХ. Дальневост. селекц. центр. Новосибирск, 1990. 208 с.
10. Ягодин Б.А. и др. Практикум по агрохимии. М.: Агропромиздат, 1987. С. 197-198.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос. 1985. 416 с.
12. Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению / изд. 2-ое, перераб. и доп. М., ВНИИХ. 2008. 39 с.
13. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / сост. С.Д. Киру, Л.И. Костина, Э.В. Трускинов, Н.М. Зотева и др. СПб.: ВИР, 2010. 32 с.
14. Методика проведения агротехнических опытов, учётов, наблюдений и анализов на картофеле / сост. С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов, В.Н. Зейрук, А.В. Коршунов, К.А. Пшеченков, Н.А. Тимошина, С.В. Мальцев, О.А. Старовойтова, С.В. Васильева, С.В. Васильева, А.Э. Шабанов, М.К. Деревягина, Г.Л. Белов, А.И. Киселев, Е.В. Князева М.: ФГБНУ ВНИИХ, 2019. 120 с.
15. Симаков Е.А. Сорта картофеля российской селекции. Москва. 2018. 120 с.
16. Вознюк В.П., Ким И.В., Корнилова Т.О., Мороз А.А. Характеристика перспективных генотипов картофеля селекции ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в условиях муссонного климата Приморского края. *Вестник ДВО РАН*. 2022;3(223):49-60. DOI 10.37102/0869-7698\_2022\_223\_03\_5. EDN HLBQDS.
17. Росс Х. Селекция картофеля: проблемы и перспективы. М.: ВО Агропромиздат. 1989. 183 с.
18. Анисимов Б.В., Симаков Е.А. Картофель как продукт питания и его роль в здоровой диете современного человека. Селекция и семеноводство картофеля (монография). Чебоксары. 2020. С.6-14.
19. Волков Д.И., Ким И.В., Гисюк А.А., Клыков А.Г. Оценка клубней сортов картофеля на содержание редуцирующих сахаров и лежкость. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2021;1(57):5-13. DOI 10.24412/1999-6837-2021-1-5-13. EDN YZYJHN.
20. Ramakrishnan A.P., Ritland C.E., Blas Sevillano R.H., Riseman A.A. Review of Potato Molecular Markers to Enhance Trait Selection. *Amer. J. Potato Res.* 2015;(92):455-472.
21. Simakov E., Anisimov B., Yashina L., Uskov A., Yurlova S., Oves E. Potato breeding and seed production system development in Russia. *Potato Research*. 2008;(51):313-326.
22. Методическое положение по оценке продуктивности и столовых качеств картофеля (кулинарный тип), /ФГБНУ ВНИИХ; А.Э. Шабанов, Б.В. Анисимов, А.И. Киселев, Н.П. Попова, Т.И. Долгова, О.В. Малутич. М., 2017. 20 с.

**• References**

1. Potato seed production in Russia: innovative technologies, quality regulations, new promising varieties: monograph. Vladikavkaz. 2022. P. 5-17. (In Russ.)
2. Simakov E.A. Competitiveness of new potato varieties of Russian breeding. *Agricultural policy*. 2020;9(31):58-63. EDN KYXTUL. (In Russ.)
3. Landrum J., Bone R. Lutein, zeaxanthin and macular pigment. *Arch. Biochem.* 2001;(385):28-40.
4. Brawn C.R., Wrolstadt R., Durst C.P. Breeding studies in potato containing high concentrations of anthocyanins. *Am. Potato J.* 2003;(8):241-250.
5. Pylnev V.V., Berezhkin A.N. Fundamentals of selection and seed production. St. Petersburg: Doe. 2022. 216 p. (In Russ.)
6. Molyavko A.A., Erenkova L.A., Antoshchenko F.E., Svist V.N. Selection and propagation of potato varieties in the Bryansk region. Potato growing: Collection of scientific papers. Materials of the coordination meeting and scientific-practical conference dedicated to the 120<sup>th</sup> anniversary of the birth of A.G. Lorh. M., 2009. P. 112-116. (In Russ.)
7. Novoselov A.K., Novoselova L.A., Ilyashik T.M., Volik N.M. Results of practical selection of potatoes in Primorsky. *Potato growing: collection. Scientific Articles*, ed. E.A. Simakov. M., 2011. P. 123-127. (In Russ.)
8. Guidelines for the technology of potato breeding process / comp. E.A. Simakov, N.P. Sklyarov, I.M. Yashin. Moscow: VNIKH. 2006. 72 p. (In Russ.)
9. Methodology of breeding work until 2010 to create highly productive, complex-valuable varieties of cereals, soybeans, perennial grasses, potatoes, vegetables and fruit and berry crops in the Far East zone. Novosibirsk, 1990. 208 p. (In Russ.)
10. Yagodin B.A. etc. Workshop on agrochemistry. M.: Agropromizdat, 1987. S. 197-198.
11. Dospikhov B.A. Field experience methodology: (with the basics of statistical processing of research results). M.: Kolos. 1985. 416 p. (In Russ.)
12. Pshechenkov K.A., Davydenkova O.N., Sedova V.I. Guidelines for assessing potato varieties for suitability for processing and storage. M., VNIKH. 2008. 39 p. (In Russ.)
13. Guidelines for maintaining and studying the world collection of potatoes. St. Petersburg: VIR, 2010. 32p. (In Russ.)
14. Methodology for conducting agrotechnical experiments, records, observations and analyzes on potatoes.
15. Simakov E.A. Potato varieties of Russian selection. Moscow. 2018. 120 p. (In Russ.)
16. Voznyuk V.P., Kim I.V., Kornilova T.O., Moroz A.A. Characterization of promising potato genotypes bred in fsc of agricultural biotechnology of the far east named after a.k. chaika under the conditions of the monsoon climate. *Vestnik Of The Far East Branch Of The Russian Academy Of Sciences*. 2022;3(223):49-60. DOI 10.37102/0869-7698\_2022\_223\_03\_5. EDN HLBQDS. (In Russ.)
17. Ross H. Potato breeding: problems and prospects. Moscow: VO Agropromizdat. 1989. 183 p. (In Russ.)
18. Anisimov B.V., Simakov E.A. Potato as a food product and its role in a healthy diet of a modern person. Selection and seed production of potatoes (monograph). Cheboksary. 2020. P.6-14. (In Russ.)
19. Volkov D.I., Kim I.V., Gisyuk A.A., Klykov A.G. Evaluation of potato tubers of the reducing sugar content and keeping quality. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2021;1(57):5-13. DOI 10.24412/1999-6837-2021-1-5-13. EDN YZYJHN. (In Russ.)
20. Ramakrishnan A.P., Ritland C.E., Blas Sevillano R.H., Riseman A.A. Review of Potato Molecular Markers to Enhance Trait Selection. *Amer. J. Potato Res.* 2015;(92):455-472.
21. Simakov E., Anisimov B., Yashina L., Uskov A., Yurlova S., Oves E. Potato breeding and seed production system development in Russia. *Potato Research*. 2008;(51):313-326.
22. Methodological position for assessing the productivity and table qualities of potatoes (culinary type), /ФГБНУ ВНИИХ; А.Э. Шабанов, Б.В. Анисимов, А.И. Киселев, Н.П. Попова, Т.И. Долгова, О.В. Малутич. М., 2017. 20 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-10-15>  
УДК 635.112:581.19

**В. М. Колдаев**

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии  
Дальневосточного отделения Российской академии наук 690022, РФ, г. Владивосток,  
проспект 100-летия Владивостока, 159

\*Адрес для переписки: kolvm42@rambler.ru

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

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № 121031000120-9.

**Для цитирования:** Колдаев В.М. Динамика изменения содержания бетаиновых пигментов в корнеплодах красной свеклы в процессе вегетации и хранения. *Овощи России*. 2023;(3):10-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-10-15>

**Поступила в редакцию:** 24.04.2023

**Принята к печати:** 16.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

**Vladimir M. Koldaev**

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
159, avenue of the 100-years Vladivostok, Vladivostok, Russia, 690022

\*Correspondence: kolvm42@rambler.ru

**Conflict of interest.** The author declares no conflicts of interest.

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on topic No. 121031000120-9.

**For citations:** Koldaev V.M. Dynamics of changes in the content of betalain pigments in red beet roots during the growing season and storage. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):10-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-10-15>

**Received:** 24.04.2023

**Accepted for publication:** 16.05.2023

**Published:** 09.06.2023

# Динамика изменения содержания бетаиновых пигментов в корнеплодах красной свеклы в процессе вегетации и хранения



## Резюме

**Цель.** Бетаины растительные пигменты корнеплодов красной свеклы проявляют антиоксидантную активность, снижают риски многих патологических состояний. Однако широкое внедрение бетаинов затрудняется недостаточной изученностью их превращений в процессе вегетации и хранения корнеплодов, что явилось целью работы.

**Методы.** В исследованиях использовали корнеплоды пяти сортов столовой свеклы. Содержание и устойчивость бетаинов определяли спектрофотометрическими методами по числовым показателям спектров поглощения экстрактов из корнеплодов.

**Результаты.** В корнеплодах свеклы в первые 20 дней вегетации после всходов содержание бетаксантинов больше, чем бетацианинов, но к 40-му дню превышают бетацианины над бетаксантином в соотношении 1,26–2,21. На 70–90-й дни вегетации формируется основной пул бетаинов, их содержание достигает 84,5–198,6 мг/100 г, соотношение бетацианины/бетаксантины и устойчивость составляют 2,47–9,76 и 0,82–0,91 соответственно. Наибольшие превышения содержаний бетацианинов над бетаксантинами в 8,11–9,65 раз получены в корнеплодах свеклы сортов Креолка и Веселая Смуглянка. Устойчивость бетаинов при шестимесячном хранении снижается менее, чем в 1,4 раза.

**Заключение.** Разработанный спектрофотометрический метод определения устойчивости бетаинов целесообразно применять в экспресс-анализе корнеплодов свеклы. Бетаины превышают по устойчивости другие растительными антиоксидантами. Корнеплоды свеклы более предпочтительны для общеукрепляющих диет, чем другие продукты с антиоксидантной активностью.

**Ключевые слова:** бетацианин, бетаксантин, устойчивость бетаинов, вегетация, хранение

# Dynamics of changes in the content of betalain pigments in red beet roots during the growing season and storage

## Abstract

**Purpose.** Betalains, plant pigments of red beet roots, exhibit antioxidant activity and reduce the risks of many pathological conditions. However, the widespread introduction of betalains is hampered by insufficient knowledge of their transformations during the growing season and storage of root crops, which was the purpose of the work.

**Methods.** Root crops of five varieties of table beets were used in the studies. The content and stability of betalains were determined by spectrophotometric methods according to the numerical indices of the absorption spectra of extracts from root crops.

**Results.** In the beet roots in the first 20 days of vegetation after germination, the content of betaxanthins is higher than that of betacyanins, but by the 40<sup>th</sup> day, betacyanins exceed betaxanthins over betaxanthin in the ratio of 1.26-2.21. By the 70<sup>th</sup> - 90<sup>th</sup> days of vegetation, the main pool of betalains is formed, their content reaches 84.5-198.6 mg / 100 g, the ratio of betacyanins / betaxanthins and resistance are 2.47-9.76 and 0.82-0.91 respectively. The highest excess of the content of betacyanins over betaxanthins by 8.11 - 9.65 times was obtained in beet root crops of Creolka and Veselaia Smulyanka varieties. The stability of betalains during six-month storage decreases less than 1.4 times.

**Conclusion.** It is advisable to use the developed spectrophotometric method for determining the stability of betalains in the express analysis of beet root crops. Betalains are more stable than other plant antioxidants. Beet roots are more preferred for fortifying diets than other foods with antioxidant activity.

**Keywords:** betacyanin, betaxanthin, resistance of betalains, vegetation, storage

## Введение

Беталаины – водорастворимые растительные пигменты впервые обнаружены в корнеплодах красной свеклы обыкновенной *Beta vulgaris* L., отсюда и тривиальное их название. Беталаины синтезируются в растениях из тирозина, включают азотистое ядро и беталамовую кислоту, при конденсации которой с иминосоединениями или аминами образуются различные фиолетово-красные бетацианины или желтые бетаксантины (рис. 1) с максимумами поглощения в диапазонах 532–550 и 457–485 нм соответственно [1]. К настоящему времени в растениях порядка гвоздикоцветных *Caryophyllales* и некоторых высших грибах идентифицировано 75 разновидностей беталаинов, из них 42 относятся к бетацианинам (БЦ), остальные к бетаксантинам (БК) [2].

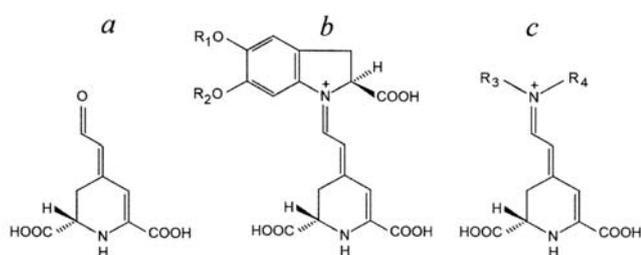


Рис. 1. Структуры беталамой кислоты (а), бетацианинов (b) и бетаксантинов (с). R1, R2, R3, R4 – соединения аминокислот, иминогруппы и другие органические радикалы  
Fig. 1. Structures of betalamic acid (a), betacyanins (b) and betaxanthins (c). R1, R2, R3, R4 – amino acid compounds, imino groups and other organic radicals

В последние годы показано, что беталаины обладают антиоксидантной активностью (АОА) [3], устраняют метаболические нарушения при сахарном диабете [4] и абдоминальном ожирении [5]. Потребление богатых беталаинами продуктов снижает риски сердечно-сосудистых [6], онкологических [7] и нейродегенеративных [8] заболеваний. Красная столовая свекла важнейшее, известное с IV века до н.э. овощное растение, по существу, единственный пищевой поставщик оксида азота – регулятора многих жизненных процессов [9]. Однако не смотря на широкую распространенность и общеукрепляющие здоровье свойства, вопро-

сы накопления в корнеплодах свеклы беталаинов, их устойчивости изучены недостаточно полно.

Цель работы заключалась в исследовании динамики накопления, соотношений содержаний бетацианинов к бетаксантинам и устойчивости беталаинов в корнеплодах разных сортов красной столовой свеклы в процессе вегетации и хранения.

## Методы

В исследованиях использовали корнеплоды красной столовой свеклы 5-ти сортов (табл. 1), выращенных автором на территории садоводческого некоммерческого товарищества «Океан» в урочище Кипарисово, Надежинского района, Приморского края РФ (43°27'37", 131°58'3") в летний период 2022 г., согласно агротехническим рекомендациям [10, 11].

Корнеплоды собирали в 16–17 час в сухую солнечную погоду в разные сроки (табл. 2) после восходов, урожай хранили в бытовом холодильнике ФР-415В (Океан, Россия) при температуре +(4±6)°C в течение 6 мес. Для всех исследований навески проб брали из центральных частей корнеплодов. Беталаины определяли спектрофотометрическим методом [12, 13]: навеску мелко измельченной свеклы 0,5–0,8 г до обесцвечивания экстрагировали порциями 70% этанола при гомогенизации в фарфоровой ступке под слоем экстрагента, порции фильтровали через бумажный фильтр и собирали в мерную колбу, доводя до метки экстрагентом. Фильтрат фотометрировали относительно экстрагента на спектрофотометре UV-2501PC (Shimadzu, Япония) в диапазоне длин волн 220–650 нм. Суммарное содержание бетацианинов (total content of betacyanins, TC1) в мг/100 г определяли (в пересчете на бетанин) по формуле:

$$TC1 = 100 \frac{A1 \times V \times M1}{E1 \times L \times m},$$

где  $A1$  – абсорбция в максимуме поглощения бетацианинов,  $V$  – объем экстракта в мл,  $M1$  – молярная масса бетанина, 550 г/моль,  $E1$  – молярный коэффициент погашения бетацианинов в максимуме поглощения, 60000,  $L$  – длина оптического пути, 1 см,  $m$  – масса навески.

Таблица 1. Посадочный материал  
Table 1. Planting material

№ п/п	Сорт	Показатели сортов*			Поставщик семян
		Характеристика спелости	Сроки созревания, дни	Масса, г	
1	Детройт	Среднеспелый	110 – 115	110 – 210	Зеленый исток, Владивосток
2	Креолка			160 – 235	
3	Бордо-237		80 – 115	230 – 500	
4	Одноростковая	Позднеспелый	120 – 130	190 – 220	
5	Веселая смуглянка	Среднеспелый	115 – 120	240 – 380	Сады России, Челябинск

\* – данные рекламы поставщика семян

Суммарное содержание бетаксантинов (total betaxanthin content, TC2) в мг/100 г, в пересчете на вульгаксантин-I вычисляли по формуле:

$$TC2 = 100 \frac{(A2 - k \times A1) \times V \times M2}{E2 \times L \times m},$$

где A2 – абсорбция в максимуме поглощения бексантинов, k коэффициент пересчета, 0,323, M2 – молярная масса вульгаксантина-I, 339 г/моль, E2 – молярный коэффициент погашения бетацианинов на длине волны 469 нм, остальные обозначения по предыдущей формуле.

Общее содержание беталаинов (TCB) находили как сумму:

$$TCB = TC1 + TC2.$$

На абсорбционных спектрах (АС) экстрактов определяли координаты максимумов и точек перегиба контура полосы поглощения по ранее описанной методике [14].

Устойчивость беталаинов определяли спектрофотометрически по изменению интегральной интенсивности поглощения экстрактов из сырых и обработанных теплом («вареных») корнеплодов. При тепловой обработке свежие корнеплоды заливали кипятком 1:10, помещали в кипящую водяную баню на 20 мин, затем извлекали, обсушивали фильтровальной бумагой и охлаждали на воздухе до комнатной температуры. Интегральную интенсивность поглощения (ИИП) определяли как площадь S, ограниченную сверху контуром полосы поглощения АС, снизу горизонтальной осью абсцисс, слева и справа перпендикулярами из точек перегиба, по интегральной формуле Симпсона [14]. Например, ИИП S1 и S2 экстрактов из свежих и «вареных» корнеплодов численно равны площадям фигур *abA1A2cd* и *efA3A4gd* в пределах интегрирования [*a*; *d*] и [*e*; *d*] соответственно (рис. 2). Коэффициент устойчивости SF (stability factor) вычисляли как отношение указанных площадей:

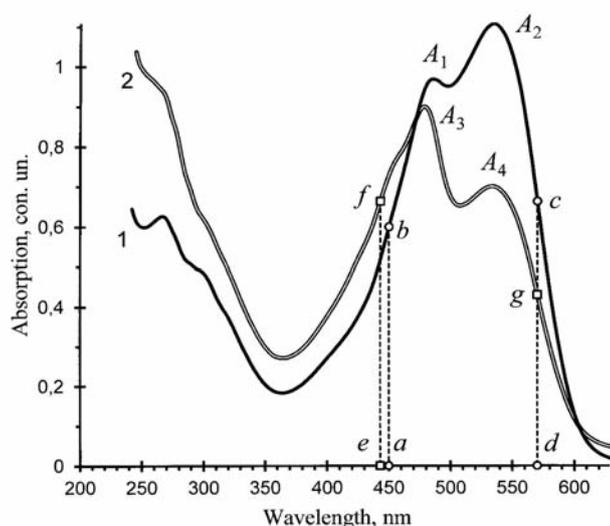


Рис. 2. Абсорбционные спектры экстрактов из свежих (1) и «вареных» (2) корнеплодов свеклы Бордо-237. A1, A2, A3, A4 – локальные максимумы поглощения, b, c, f, g – точки перегиба, a, d, e – пределы интегрирования Fig. 2. Absorption spectra of extracts from fresh (1) and “boiled” (2) beet roots Bordo-237. A1, A2, A3, A4 – local absorption maxima, b, c, f, g – inflection points, a, d, e – integration limits

$$SF = \frac{S_2}{S_1}.$$

На каждое определение брали по 5 независимых проб, результаты обрабатывали статистическими методами линейной корреляции и малой выборки с представлением результата в формате: среднее ± ошибка среднего (хср ± sx) [15], различия считали достоверными при уровне значимости нулевой гипотезы  $p < 0,05$ .

### Результаты

Полученные результаты показывают, что на 120-й день после всходов при сборе урожая наибольшие массы 223 – 289 г (см. табл. 2) имеют Бордо-237, Одноростковая и Веселая Смуглянка, массы других исследованных сортов в 1,21 – 1,57 раза меньше.

В процессе вегетации корнеплоды набирали к 70-му 72–75%, а в последующие 50 дней 25–28% от своих «урожайных» масс. В день сбора урожая наиболее высокое содержание беталаинов 152–227 мг/100 г обнаружено в корнеплодах Креолка и Веселая смуглянка, а в остальных в 1,63–2,64 раза меньше. Из полученных данных видно, что к 70-му дню вегетации в корнеплодах свеклы всех сортов содержание беталаинов достигало 85–94% от значений на день сбора урожая.

Спектрофотометрический анализ показал, что АС экстрактов корнеплодов свеклы в видимой области имеют в диапазонах 478–483 и 536–538 нм по два характерных пика A1 и A2 с изменяющимися высотами по мере развития корнеплодов. К 20-му дню вегетации высота первого пика в 1,78 раза больше, чем второго (кривая 1 на рис. 3), но в последующие 70-й и 120-й дни наоборот второй пик превышает первый в 1,2–1,27 раза (кривые 4 и 3 на рис. 3).

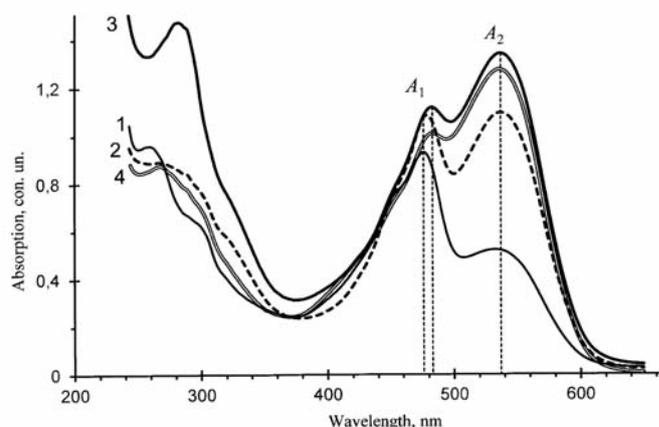


Рис. 3. Абсорбционных спектры экстрактов из корнеплодов свеклы Бордо-237 на 20-й (1), 70-й (4), 120-й (3) дни вегетации после всходов и на шестом месяце хранения (2) Fig. 3. Absorption spectra of extracts from beet roots Bordo-237 on the 20th (1), 70th (4), 120th (3) days of vegetation after germination and at the sixth month of storage (2)

Таблица 2. Масса корнеплодов и показатели бетаинов столовой свеклы разных сортов при вегетации и хранении  
 Table 2. Mass of root crops and indicators of table beet betalains of different varieties during vegetation and storage

Сорт	Корнеплоды			Показатели бетаинов		
	Сроки забора проб, дни	Общее содержание, мг/100 г	мг/100 г	Соотношение БЦ/БК <sup>d</sup>	SF <sup>f</sup>	
Детройт	Вегетация <sup>a</sup>	20	14,2±5,4 <sup>c</sup>	43,4±5,6	0,45±0,07	0,62±0,069
		40	26,4±7,8	56,2±11,2	1,96±0,33	0,75±0,056
		70	139,5±18,6	82,3±24,6	3,67±0,35	0,73±0,063
		90	178,6±21,8	86,7±29,3	3,68±0,41	0,87±0,072
		120	184,1±34,7	87,1±31,4	3,65±0,32	0,87±0,078
	Хранение <sup>b</sup>	90	169,3±26,8	80,7±29,6	2,44±0,45	0,85±0,092
		180	161,9±31,2	74,3±12,7	1,08±0,18	0,71±0,056
Креолка	Вегетация	20	17,2±2,4	51,5±6,7	0,83±0,08	0,62±0,09
		40	29,5±4,5	62,3±7,8	6,26±0,26	0,82±0,09
		70	167,3±22,7	160,4±25,3	9,23±1,12	0,83±0,8
		90	215,6±29,8	171,8±28,2	9,76±0,98	0,91±0,04
		120	220,2±31,4	178,2±26,1	9,88±1,03	0,89±0,08
	Хранение	90	205,3±24,7	163,4±18,8	9,64±0,86	0,75±0,07
		180	198,4±22,7	154,5±16,7	8,54±0,87	0,64±0,08
Бордо-237	Вегетация	20	23,3±5,6	34,2±2,3	0,34±0,04	0,66±0,08
		40	37,5±8,3	52,6±6,2	1,86±0,15	0,78±0,08
		70	184,4±24,7	72,3±8,3	2,58±0,16	0,77±0,08
		90	239,1±31,1	84,5±8,9	2,47±0,19	0,82±0,09
		120	245,2±22,5	86,1±9,2	2,49±0,18	0,83±0,09
	Хранение	90	230,5±23,1	80,2±7,8	1,87±0,12	0,78±0,08
		180	218,2±19,4	72,3±8,7	1,03±0,15	0,75±0,07
Одноростковая	Вегетация	20	24,4±3,2	18,5±2,6	0,67±0,07	0,62±0,07
		40	30,3±3,8	56,2±8,9	2,21±0,19	0,77±0,07
		70	196,3±18,5	76,4±7,3	3,56±0,22	0,78±0,08
		90	255,2±28,6	90,1±7,7	3,57±0,41	0,84±0,09
		120	260,1±29,2	93,8±9,2	3,61±0,28	0,83±0,09
	Хранение	90	244,6±26,7	84,7±9,6	2,56±0,31	0,72±0,09
		180	231,5±25,8	76,9±9,5	2,23±0,29	0,62±0,07
Веселая Смуглянка	Вегетация	20	20,5±5,6	53,1±4,9	0,76±0,08	0,65±0,05
		40	43,8±6,3	65,4±7,8	2,04±0,16	0,76±0,08
		70	183,6±17,2	171,5±21,2	4,67±0,56	0,76±0,08
		90	249,4±23,7	198,6±23,1	8,73±0,92	0,88±0,09
		120	255,3±20,8	202,3±25,3	10,02±1,14	0,91±0,05
	Хранение	90	234,8±25,7	180,1±17,3	9,91±0,96	0,84±0,09
		180	224,7±23,8	163,7±16,8	8,83±0,87	0,64±0,08

Примечания: <sup>a</sup> – после всходов, <sup>b</sup> – после сбора урожая, <sup>c</sup> – среднее из 5 проб ± ошибка среднего, <sup>d</sup> – отношение содержащий бетаинов к бетаксантинам, <sup>f</sup> – устойчивость бетаинов, курсивом выделены значения, достоверно отличающиеся от данных на момент сбора урожая при  $p < 0,05$

Соотношения содержаний бетацианинов к бетаксантинам (БЦ/БК) на 20-й день вегетации оказались меньше единицы и составляли от 0,31 до 0,91, но к 40-му дню превышали единицу в 1,86–2,04 раза, и далее наблюдалось их возрастание вплоть до сбора урожая в 8,11–9,65 раз в корнеплодах свеклы сортов Креолка и Веселая Смуглянка соответственно; в корнеплодах других сортов нарастание значений БЦ/БК было менее значительным.

Показатель устойчивости  $SF$  беталаинов, составляющий на 20-й день наблюдения значения 0,62 до 0,78, к 40-му дню возрастает в 1,17–1,24 раза, достигая практически максимального уровня к срокам сбора урожая. Анализ полученных данных показывает, что имеются достоверные взаимосвязи средней силы  $SF$  с содержанием беталаинов и слабые связи  $SF$  с показателем БЦ/БК при коэффициентах корреляции  $0,65 \pm 0,16$  ( $t=4,1$ ,  $p<0,001$ ) и  $0,51 \pm 0,19$  ( $t=2,67$ ,  $p<0,05$ ) соответственно.

К 6-му месяцу хранения постепенно снижаются масса корнеплодов на 10–14%, общее содержание беталаинов на 15–23%, БЦ/БК на 38–70% относительно значений, зафиксированных в начале хранения. Наиболее значительное уменьшение  $SF$  на 15–28% по сравнению с «урожайным» значением получено для беталаинов корнеплодов Креолки и Веселой Смуглянки, а в корнеплодах других исследованных сортов оно еще меньше.

## Обсуждение

Полученные результаты (табл. 2) согласуются с известными данными масс корнеплодов [16] и содержания в них беталаинов [13] различных сортов свеклы, выращенной в других регионах России. Как видно из представленных данных, накопление и формирование пула беталаинов в корнеплодах свеклы происходит, в основном, за счет бетацианинов.

Устойчивости беталаинов, как следует из данных по исследованию, например, сыпучих порошков [17], соков [18], экстрактов и других фитопрепаратов из корнеплодов свеклы [19], зависит от многих факторов, основными из которых являются [20] химическая структура пигмента – бетацианины более устойчивы, чем бетаксантины, кислотность среды и теплоустойчивость беталаинов резко снижается при довольно высоких рН более 8–9 и нагреве свыше 50°C, кроме того, деградация беталаинов усиливается под воздействием света, кислорода, катионов  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  и гидролитических ферментов. Поскольку указанные сведения выявлены в исследованиях на продуктах переработки свеклы, а не на самих хранящихся кор-

неплодах, то возможны только косвенные сопоставления результатов литературы с полученных нами данными по устойчивости беталаинов.

Корнеплоды свеклы в условиях наших исследований сохранялись в бытовом холодильнике в темноте при температурах не более +6°C, поэтому влияние света и тепла на устойчивость беталаинов исключаются. Резкие сдвиги кислотно-щелочного равновесия клеточной среды в сторону увеличения рН согласно биохимии растений [21] маловероятны, и вряд ли можно ожидать значительного защелачивания ( $pH > 9$ ) внутренней среды хранящихся корнеплодов свеклы, в этом случае рН, по-видимому, не является решающим фактором в снижении устойчивости беталаинов. Наиболее вероятно, что снижение устойчивости беталаинов, их деградация в корнеплодах свеклы при длительном хранении обусловлены процессами ферментативного гидролиза.

Согласно полученным данным устойчивость беталаинов при длительном хранении снижается не на много, менее чем в 1,4 раза, т. е. эти пигменты более устойчивы по сравнению, например, с антоцианами, устойчивость которых, как нами было показано нами ранее показано [22], например, на ягодах малины, снижается в несколько раз быстрее при аналогичных условиях хранения. Таким образом, беталаины как довольно устойчивые пигменты с высокой АОА (больше аскорбиновой кислоты в 3–4 раза [23]) имеют несомненные преимущества в качестве пищевых добавок по сравнению с такими известными антиоксидантами как антоцианы.

Следует также отметить, что мировой рынок беталаин-содержащих пищевых компонентов, например, свекольного сока, ежегодно расширяется в среднем на 5%, и эта тенденция по прогнозу многих специалистов [9] будет нарастать и в последующие годы.

## Заключение

Разработанный спектрофотометрический метод определения устойчивости беталаинов целесообразно применять в экспресс-анализе корнеплодов свеклы. Беталаины превышают по устойчивости широко известные растительные антиоксиданты антоцианы и, благодаря биодоступности из-за своей высокой растворимости в воде, более предпочтительны для использования в укрепляющих здоровье диетах. Усилия дальнейших исследователей, по-видимому, должны быть направленными на разработку беталаин-содержащих фитопрепаратов, которых в России производится еще недостаточно.

**Об авторе:**

**Владимир Михайлович Колдаев** – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории лекарственных растений, <https://orcid.org/0000-0002-6206-200X>, Scopus ID 57189999504, адрес для переписки, kolvm42@rambler.ru

**About the Author:**

**Vladimir M. Koldaev** – Doc. Sci. (Biology), Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Medicinal Plants, <https://orcid.org/0000-0002-6206-200X>, Scopus ID 57189999504, kolvm42@rambler.ru

**• Литература / References**

- Khan M.I., Giridhar P. Plant betalains: chemistry and biochemistry. *Phytochemistry*. 2015;117:267-295. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.06.008>
- Slimen I.B., Najar T., Abderrabba M. Chemical and antioxidant properties of betalains. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2017;65(4):675-689. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04208>
- Sawicki T., Wączek N., Wiczowski W. Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. *Journal of functional foods*. 2016;27:249-61. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.004>
- Madadi E., Mazloum-Ravasan S., Yu J.S., Ha J.W., Hamishehkar H., Kim K.H. Therapeutic application of betalains: A review. *Plants*. 2020;9(9),1219:1-27. <https://doi.org/10.3390/plants9091219>
- Song H., Chu Q., Xu D., Xu Y., Zheng X. Purified betacyanins from *Hylocereus undatus* peel ameliorate obesity and insulin resistance in High-Fat-Diet-Fed mice. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2016;64(1):236-244. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05177>
- Rahimi P., Mesbah-Namin S.A., Ostadrahimi A., Separham A., Asghari Jafarabadi M. Effects of betalains on atherogenic risk factors in patients with atherosclerotic cardiovascular disease. *Food and function*. 2019;10(12), 8286-8297. <https://doi.org/10.1039/c9fo02020A>
- Henarejos-Escudero P., Hernández-García S., Guerrero-Rubio M.A., García-Carmona F., Gandía-Herrero F. Antitumoral drug potential of tryptophan-betaxanthin and related plant betalains in the *Caenorhabditis elegans* tumoral model. *Antioxidants*. 2020; 9(8), 646:1-17. <https://doi.org/10.3390/antiox9080646>
- Di S., Yu M., Guan H., Zhou Y. Neuroprotective effect of betalain against AlCl<sub>3</sub>-induced Alzheimer's disease in Sprague Dawley rats via putative modulation of oxidative stress and nuclear factor kappa B (NF-κB) signaling pathway. *Biomedicine and pharmacotherapy*. 2021;137,111369:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111369>
- Milton-Laskibar I., Martínez J.A., Portillo M.P. Current knowledge on beetroot bioactive compounds: Role of nitrate and betalains in health and disease. *Foods*. 2021;10(6),1314:1-14. <https://doi.org/10.3390/foods10061314>
- Новицкий И. Технология выращивания столовой свеклы. *Овощеводство. Статьи и материалы*. 2017. [Novitsky I. Technology for growing canteen beets. *Vegetable growing. Articles and materials*. 2017. (In Russ.)] URL: [обновлено 14 марта 2023; процитировано 17 марта 2023] Доступно: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/tehnologiya-vyrashhivaniya-stolovoj-svekly/>
- Майдурова В. Агротехника выращивания свеклы [Maidurova V. Agrotechnics of beet growing. (In Russ.)] URL: [обновлено 14 марта 2023; процитировано 15 марта 2023] Доступно: <https://www.botanichka.ru/article/agrotehnika-vyrashhivaniya-svyoklyi/>
- Горбунова Н.В., Евтеев А.В., Банникова А.В., Ларионова О.С. Оценка возможности применения ультразвука для получения экстрактов с повышенным содержанием биологически активных веществ из продуктов комплексной переработки растениеводства. *Аграрный научный журнал*. 2018;(1):48-52. [Gorbunova N.V., Evteev A.V., Bannikova A.V., Larionova O.S. Evaluation of the use ultrasound to obtain extracts with higher content of biologically actives substances from the products of complex processing of crop production. *Agrarian scientific journal*. 2018;(1):48-52. (In Russ.)] URL: [обновлено 12 марта 2023; процитировано 17 марта 2023] Доступно: <https://agrojr.ru/index.php/asj/issue/view/151>
- Саенко И.И., Тарасенко О.В., Дейнека В.И., Дейнека П.А. Бетацанины корнеплодов красной свеклы. *Научные ведомости. Серия Естественные науки*. 2012;3(122),18:194-200. [Saenko I.I., Tarasenko D.V., Deineka V.I., Deineka K.A. Betacyanins of red beetroot root. Scientific statements. *Series of natural sciences*. 2012;3(122)18:194–200. (In Russ.)] URL: [обновлено 14 марта 2023; процитировано 17 марта 2023] Доступно: <https://core.ac.uk/download/pdf/151230685.pdf>
- Колдаев В.М. Метод числовых показателей спектров поглощения в анализе извлечений из растений. М.: ЛЕНАНД, 2021. 160 с. [Koldaev V.M. Numerical indicators of absorption spectra in plant extract analysis. Moscow: LENAND; 2021. 160 p. (In Russ.)]
- Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа. 1973. 320 с. [Rokitskiy P.F. Biological statics. Minsk: Vysshaya shkola. 1973. 320 p. (In Russ.)]
- Масленников А.А., Курьянова И.В., Горшков С.И. Сортоиспытание столовой свеклы на сергачском ГСУ Нижегородской области. *Известия ФНЦО*. 2019;1:163–169. [Maslennikova A.A., Kurajnova B.V., Gorshkov S.I. Variety testing of red beet on sergachsky GUS Nizhny Novgorod region. *News of FSVC*. 2019;1:163–169. (In Russ.)] <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2019-1-163-169>
- Khan M.I. Stabilization of betalains: A review. *Food chemistry*. 2016;197(B):1280-1285. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.043>
- Kayın N., Atalay D., Türken Akçay T., Erge H. S. Color stability and change in bioactive compounds of red beet juice concentrate stored at different temperatures. *J food sci technol*. 2019;56:5097–5106. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03982-5>
- Santos, C.D., Ismail, M., Cassini, A.S., Marczak L.D.F., Tessaro I.C., Farid M. Effect of thermal and high pressure processing on stability of betalain extracted from red beet stalks. *J food sci technol*. 2018;55:568–577. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2966-0>
- Fu Y., Shi J., Xie S.-Y., Zhang T.-Y., Soladoye O. Aluko R. E. (2020). Red Beetroot Betalains: Perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020. doi:10.1021/acs.jafc.0c04241
- Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.: Бином, 2011. 471 с. [Heldt G.-V. Biochemical of plants. M.: Binom, 2011. 471 p. In Russ]
- Koldaev V.M., Manyakhin A.Yu. Effect of heat treatment and storage on anthocyanins levels in food plants. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):33–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-33-38>. EDN PBPQLF.
- Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2003). Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003;51(8):2288–2294. doi:10.1021/jf030045u

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-16-23>  
УДК 635.11:631.527.51

С.А. Ветрова\*, Е.Г. Козарь, М.И. Федорова

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: lana-k2201@mail.ru

**Вклад авторов:** Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

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

**Для цитирования:** Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Федорова М.И. Морфобиологические особенности генеративных органов фертильных и стерильных растений свеклы столовой и их изменчивость в результате самоопыления (обзор). *Овощи России*. 2023;(3):16-23. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-16-23>

**Поступила в редакцию:** 30.04.2023

**Принята к печати:** 22.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Svetlana A. Vetrova\*,  
Elena G. Kozar, Margarita I. Fedorova

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

\*Correspondence: lana-k2201@mail.ru

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

**Authors' Contribution:** All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

**For citations:** Vetrova S.A., Kozar E.G., Fedorova M.I. Morphobiological features of generative organs of fertile and sterile table beet plants and their variability as a result of self-pollination (review). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):16-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-16-23>

**Received:** 30.04.2023

**Accepted for publication:** 22.05.2023

**Published:** 09.06.2023

# Морфобиологические особенности генеративных органов фертильных и стерильных растений свеклы столовой и их изменчивость в результате самоопыления (обзор)



## Резюме

Свекла считается сложным селекционным объектом, ввиду биологических особенностей, затрудняющих получение гибридного семенного потомства. У перекрестноопыляемых культур максимальная гибридность достигается при использовании стерильных материнских растений, которые в природе встречаются крайне редко. Одним из способов выделения из сложной гетерогенной популяции генотипов с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС), которая контролируется рецессивными аллелями ядерных генов и S-фактором митохондриальной ДНК, является инбридинг. Основными отличительными признаками, позволяющими определить растения с мужской стерильностью, являются строение и окраска пыльников, и качественный состав пыльцы. Разнообразие фенотипического проявления маркерной окраски стерильных пыльников определяется соотношением различных пигментов. Разнокачественность пыльцевых зёрен фертильных и стерильных растений обусловлена отличиями их развития на поздних этапах андрогенеза. Степень стерилизации у разных генотипов варьирует, что связано со сложными регуляторными механизмами взаимодействия генетического аппарата ядра и цитоплазмы. Наряду с аномалиями микропопуляций пыльцевых зёрен, при самоопылении возникают морфологические изменения в строении соцветий и числа органов цветков, что оказывает непосредственное влияние на семенную продуктивность растений. Обобщенные в данной публикации исследования актуальны и имеют существенное значение при выборе направления отбора в процессе создания новых селекционно-ценных биотипов.

**Ключевые слова:** селекция, инбридинг, стерильность, самонесовместимость, репродуктивная система, микрогаметофит, гомозиготная линия

# Morphobiological features of generative organs of fertile and sterile table beet plants and their variability as a result of self-pollination (review)

## Abstract

Beet is considered a difficult breeding object due to its biological peculiarities that make it difficult to obtain hybrid seed progeny. In cross-pollinated crops, the maximum hybridization is achieved by using sterile mother plants, which are extremely rare in the nature. Inbreeding is one of the ways to isolate genotypes with cytoplasmic male sterility, which are controlled by recessive alleles of nuclear genes and S-factor of mitochondrial DNA, from a complex heterogeneous population. The main distinguishing features allowing to identify plants with male sterility are the structure and coloring of anthers, and the quality composition of pollen. The diversity of phenotypic manifestation of marker coloration in sterile anthers is determined by the ratio of different pigments. Diversity of pollen grains of fertile and sterile plants is caused by differences in their development at the late stages of androgenesis. The degree of sterilization varies in different genotypes, which is associated with complex regulatory mechanisms of interaction between the genetic apparatus of the nucleus and the cytoplasm. Along with abnormalities of pollen grain micropopulations, self-fertilization results in morphological changes in the structure of inflorescences and number of flower organs, which has a direct impact on the seed productivity of plants. The studies summarized in this publication are relevant and essential for the search of effective ways to control plant development in ontogenesis and universal selection criteria in the process of creating fundamentally new forms of plants, which is especially important for breeding.

**Keywords:** breeding, inbreeding, sterility, incompatibility, reproductive system, microgametophyte, homozygous line

### Введение

Свекла столовая (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.) является древнейшей традиционной овощной культурой в Российской Федерации и выращивается повсеместно. Несмотря на распространённость, считается сложным селекционным объектом, ввиду биологических особенностей, затрудняющих получение гибридного семенного потомства. У перекрестноопыляемых культур, в том числе и у свеклы, максимальная гибридность достигается при использовании стерильных материнских растений, которые могут встречаться с различной частотой (0,03-6%) как в сортах, так и в гибридных популяциях [1, 2].

Основным путём получения исходных стерильных форм является метод инбридинга, позволяющий получать гомозиготные линии и выявлять ценные признаки, имеющие рецессивные аллели [3-6]. Появление мужски стерильных растений свеклы при самоопылении, происходит в результате перехода ядерных генов  $HxZz$  в гомозиготное рецессивное состояние и их взаимодействия с S-цитоплазмой. Впервые стерильные растения на культуре сахарной свеклы обнаружил и описал Ф. Оуэн. Он показал, что растения со стерильной цитоплазмой в потомстве от самоопыления дают расщепление на полностью стерильные, частично стерильные и фертильные [7]. Намного позже, данное явление отмечено и на свекле столовой [2, 8]. Признак ЦМС на семенных растениях свеклы может проявляться по-разному: от отдельных стерильных пыльников в цветке до полностью стерильных растений, что обусловлено наличием двух типов митохондриальной ДНК (гетероплазмия), соответствующей N- и S-типам цитоплазмы [9]. В результате клеточных делений происходит перераспределение митохондрий и возникает разнокачественность тканей. В связи с чем, у свеклы столовой различают три типа растений, отличающихся по морфобиологическим признакам: фертильные (мф), частично-стерильные (чмс), стерильные (мс). Растения с признаком ЦМС в популяциях свеклы столовой встречаются с различной частотой в зависимости от происхождения. В условиях Московской области в сортовых популяциях отмечено от 9 до 12% частично-стерильных растений, в гибридных популяциях иностранного происхождения – 11-25%, а полную стерильность имеют только единичные растения. В инбредных потомствах наблюдается различный

характер наследования и фенотипического проявления признака ЦМС, изменяется диапазон варьирования основных признаков и степени стерильности семенных растений, появляются мс-формы, увеличивается или снижается их доля [8]. Главными отличительными признаками, позволяющими определить в популяциях свеклы столовой растения с мужской стерильностью, является строение и окраска пыльников, и качественный состав пыльцы.

### Особенности развития мужского гаметофита инбредных растений свеклы столовой с разной степенью стерильности

Формирование мужского гаметофита свеклы происходит в результате дифференциации и специализации тканей микроспорангия, пыльника и тычинок. В начале своего развития пыльник у свеклы одногнездный, состоящий из меристематической ткани, покрытой эпидермисом. Позднее формируется связник, разделяющий пыльник на две теки, каждая из которых содержит по два гнезда - микроспорангия [10, 11]. Перед цветением пыльники видоизменяются: становятся двугнездными, на границе бывших гнезд образуются замковые клетки, соединенные тонкой перемычкой. В этом месте пыльник растрескивается в момент цветения [12].

В цветках типичных фертильных растений пыльники крупные ( $h=0,7-1,0$ мм), выпуклой формы, от бледно- до ярко-желтых, быстро растрескивающиеся при созревании, и продуцирующие большое количество жизнеспособной пыльцы (рис. 1 А). В соцветиях частично-стерильных растений наряду с фертильными в различном соотношении присутствуют цветки с полностью или фрагментально-окрашенными пыльниками (преимущественно бордовыми или розовыми), содержащие большое количество стерильной пыльцы диаметром 15-18мкм. А также пыльники, окрашенные только в зоне связника, в которых наряду со стерильными, в небольшом количестве встречаются жизнеспособные пыльцевые зерна (рис. 1 В). Соотношение стерильной и фертильной пыльцы может меняться под влиянием условий среды. При этом с увеличением степени стерильности растений уменьшаются диаметр и жизнеспособность фертильной пыльцы мф-цветков ( $r = -0,84$  и  $r = -0,88$  соответственно), снижается скорость роста пыльцевой трубки ( $r = -0,85$ ). Пыльники в цветках полностью сте-



Рис. 1. Фертильные (мф) (А), частично-стерильные (чмс) (В) и стерильные (мс) соцветия и пыльники (С) свёклы столовой (авторский)

Fig. 1. Fertile (mf) (A), partially sterile (hms) (B) and sterile (ms) inflorescences and anthers (C) of table beets

рильных растений обычно щуплые, часто вогнутой формы, прозрачные или полностью окрашенные (от розового до коричневого цвета), в большинстве случаев пустые, иногда с малым количеством смятой, деформированной пыльцы, в виде обрывков оболочек пылевых зерен (рис. 1 С). В период цветения пыльники не растрескиваются [13].

У свеклы, как и у многих покрытосеменных растений, процесс формирования пыльника состоит из трех этапов: премейотического, мейотического и постмейотического [10, 14]. Разнокачественность пылевых зёрен мф- и мс-пыльников свёклы столовой определяется поздними этапами их развития. У фертильных растений, в результате развития мужского гаметофита, формируются трёхклеточные пылевые зерна ярко-желтой окраски, диаметром 20-23 мкм, с хорошо развитой экзиной и большим количеством пор для выхода пылевых трубок. Микроспоры содержат питательные вещества, ферменты, каротиноиды и т.д.

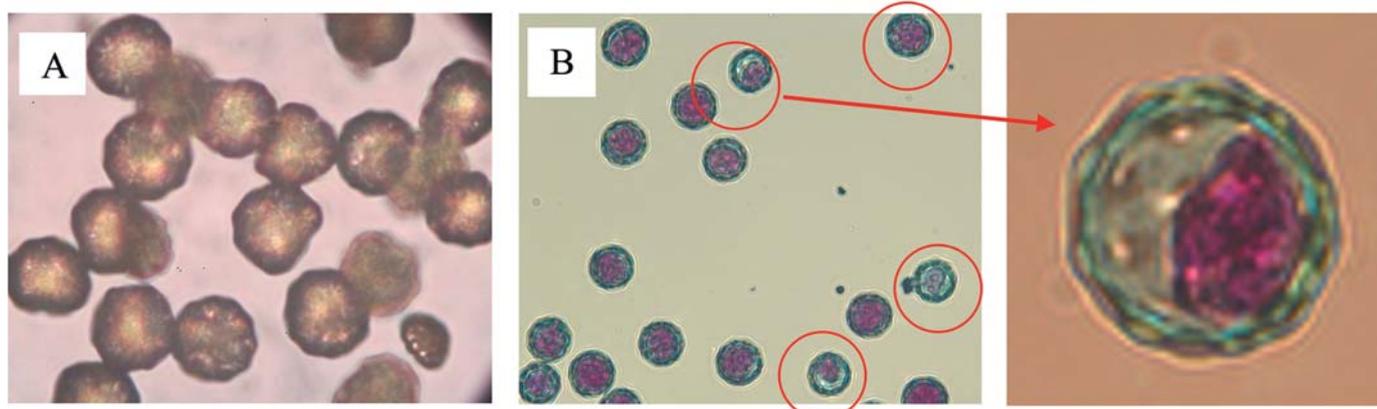
У растений с признаком ЦМС, как и у фертильных, на ранних этапах развития стенки пыльника состоят из эпидермиса, эндотеция, двух средних слоёв и тапетума. Затем, в период мейоза, клетки тапетума увеличиваются, формируются многоядерные клетки или наблюдается появление вакуолей. При выходе микроспор из тетрад происходит отслоение тапетума от остальных клеток пыльника, с дальнейшим образованием периплазмодия с большим числом крупных ядер [15-18]. В результате неспособности периплазмодия поставлять питательные вещества, необходимые для нормального развития пыльцы, и механического воздействия на микроспоры, происходит их дегенерация [18, 19]. Разрушение периплазмодия наблюдается после начала дегенерации микроспор, сопровождается сильной вакуолизацией, и приводит к постепенному сжатию содержимого пыльника. В последствии, у стерильных форм наблюдается резкое отставание роста микроспор сразу после окончания мейоза. Величина их обычно не превышает 9-10 мкм. Они не формируют экзины, их оболочка остается тонкой и прозрачной (рис. 2 А). При нарушении формирования пылевых зерен на более поздних стадиях развития, в стерильных микроспорах видны следы дегенерации: вакуолизация, сжатие цитоплазмы, деформация ядра (рис. 2 В). При этом, степень стерилизации у разных генотипов варьирует, что связано с регуляторными механизмами генетического аппарата [20].

Фенотипическое многообразие проявления ЦМС у

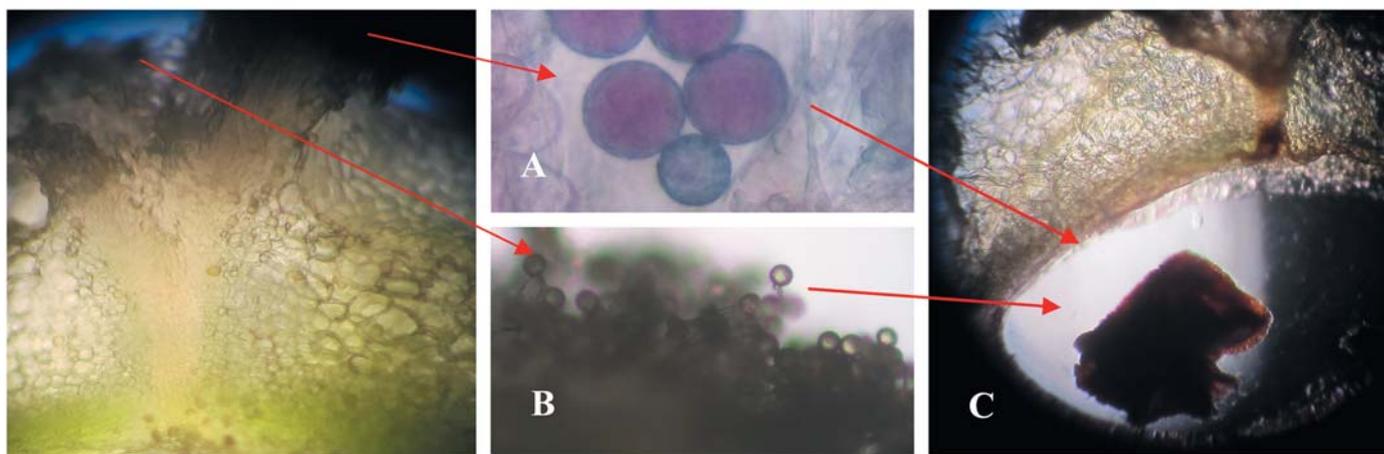
мс-пыльников свеклы столовой обусловлено, в том числе, и соотношением различных пигментов: беталаинов (БТН), бетаксантинов (БКС), каротиноидов (КР) и хлорофиллов (ХЛ). В равномерно окрашенных мс-пыльниках содержание БТН почти в четыре раза выше, чем в мф-пыльниках и сравнимо с уровнем его накопления в корнеплодах. Содержание БКС, напротив, в таких пыльниках снижено, по сравнению с фрагментально-окрашенными, в которых уровень накопления БКС сравним с фертильными пыльниками, и вдвое выше, чем в корнеплодах. Суммарное содержание КР в мс-пыльниках в два раза меньше относительно мф-пыльников, причем наиболее низкое их количество зафиксировано в пыльниках с бордовым связником. Содержание суммы ХЛ в мс-пыльниках свеклы столовой в несколько раз выше, чем в мф-пыльниках, хотя отношение хлорофиллов «а» к «b» такое же, и близко 1:1. То есть, оттенок и интенсивность окрашивания отдельных частей мс-пыльника в момент раскрытия цветка, по-видимому, обусловлены стадией нарушения гаметогенеза, на которой происходит перенастройка биохимических процессов синтеза и накопления пигментов [21].

С другой стороны, причиной появления растений с окрашенными пыльниками может являться модификационная изменчивость, возникающая в результате реакции генотипов на стрессовые условия [22-25]. В частности, нетипичные условия (высокая температура и влажность воздуха) в изоляторах, при получении инбредных потомств [1]. Под воздействием этих факторов, растение «перестраивается», становится однополым, функционально-женским, хорошо воспринимающим пыльцу. Изменение условий приводит к восстановлению фертильности таких растений и, хотя большинство растений свёклы склонны к самонесовместимости, при самоопылении они способны завязывать семена. Еще одним фактором изменчивости является инбредная депрессия, которая имеет разную степень выраженности, и так же зависит от условий окружающей среды [26, 27, 28, 29].

В связи с этим обязательным условием при создании мс- и мф-линий для селекции свеклы столовой является регулярный визуальный мониторинг развития репродуктивных органов семенных растений и проверка пыльцы на фертильность-стерильность в динамике, чтобы исключить из работы формы с проявлением мужской стерильности, обусловленной модификационной изменчивостью под влиянием внешних факторов.



**Рис. 2. Стерильные пылевые зерна свеклы столовой: А - мелкие, с тонкой оболочкой; В - обедненные цитоплазмой (авторский)**  
**Fig. 2. Sterile pollen grains of table beet: A - small, with thin shell; B - depleted in cytoplasm**



**Рис. 3. Продольный срез цветка самонесовместимого растения свеклы столовой:**

**A - отсутствие прорастания пыльцевых зерен на поверхности рыльца;**

**B - пыльцевые зерна, формирующие укороченные деформированные пыльцевые трубки; C - неоплодотворенный**

**семязачаток (авторский)**

**Fig. 3. Longitudinal section of the flower of a self-incompatible table beet plant:**

**A - absence of germination of pollen grains on the surface of stigma;**

**B - pollen grains forming shortened deformed pollen tubes; C - unfertilized ovule**

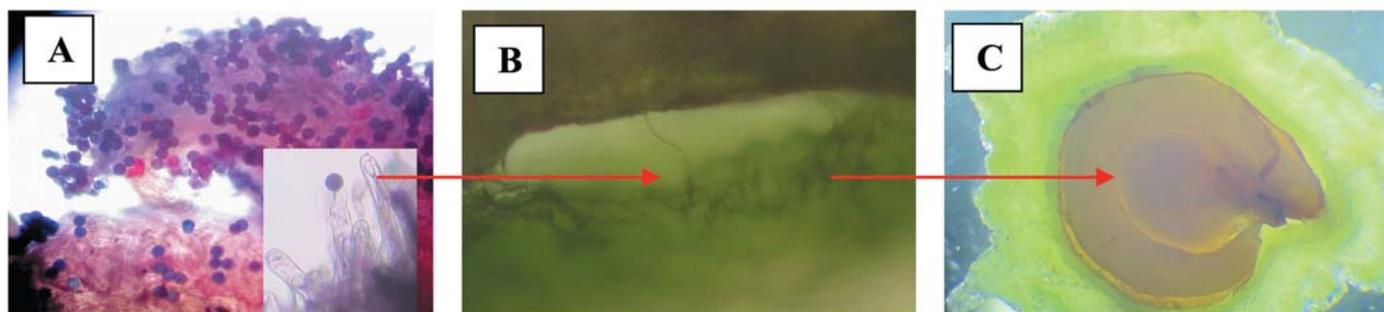
### Самонесовместимость и изменчивость репродуктивных органов растений свеклы столовой при инбридинге

Свекла – однодомное растение, формирующее на цветоносных побегах гермафродитные цветки, которые репродуцируют семенное потомство в результате перекрестного или самооплодотворения. Однако ввиду того, что самооплодотворение в обоеполых цветках свеклы предотвращается системой генов самонесовместимости, эту культуру считают типичным перекрестником [30]. В результате изучения роста пыльцевых трубок в тканях пестика при самоопылении показано, что реакция несовместимости у растений свеклы локализована в тканях рыльца, либо в паренхимном слое завязи, в зоне отложения кристаллов оксалата кальция, что характерно для видов с гаметофитным контролем несовместимости.

В этом случае ингибитор роста активируется при совпадении мономеров собственной пыльцы и пестика непосредственно на рыльце, что вызывает торможение прорастания пыльцевых зерен в течение первых суток, либо образование коротких утолщенных пыльцевых трубок со вздутиями на конце (рис. 3 А, В). Иногда наблюдаются очень тонкие пыльцевые трубки, часто растущие только до слоя кристаллов оксалата кальция, а затем продолжают свой рост в обратном направлении [31-34].

Реакция несовместимости у свеклы проявляется длительно, даже на восьмой день вся поверхность рыльца бывает покрыта многочисленными изогнутыми пыльцевыми трубками. Аномалии при прорастании пыльцы и росте пыльцевых трубок при принудительном самоопылении, напоминая таковое при межвидовой гибридизации. Отдельные пыльцевые трубки, растущие по направлению к завязи, часто образуют боковые выросты, булавовидные утолщения, изгибы, и достигнув семязачатка поворачивают в обратном направлении. В связи с отсутствием оплодотворения отмечается отставание в развитии и дальнейшая гибель семязачатка (рис. 3 С). Сравнительное изучение эмбриогенеза и формирования семени при самоопылении показало, что дегенерация зародышей и семян у самостерильных линий может наблюдаться на разных стадиях развития [33, 35].

В популяциях свеклы наряду с самонесовместимыми растениями, доля которых может достигать 50% и более, присутствуют и самосовместимые, пыльцевые зерна которых при самоопылении прорастают в массовом количестве. При этом пыльцевые трубки растут сначала в направлении прохода в завязь, а затем вдоль семязачатка. Около микропиларного отверстия семязачатка пыльцевые трубки часто скручиваются, после чего одна из них проникает в зародышевый мешок (рис. 4) [36, 37].



**Рис. 4. Проросшие пыльцевые зерна на рыльце пестика самосовместимых растений свеклы столовой (А); проникновение пыльцевой трубки в зародышевый мешок (В); нормально развитый зародыш семени (С) (авторский)**

**Fig. 4. Germinated pollen grains on the stigma of self-compatible table beet plants (A); penetration of pollen tube into the germinal sac (B); normally developed seed embryo (C)**

Последовательное самоопыление оказывает негативное влияние на фертильность пыльцевых зерен инбредных потомств, которая в свою очередь зависит от генотипа инбредных растений [2, 8, 13, 37]. Фертильность пыльцы самосовместимых растений в первых поколениях инбридинга снижается значительно медленнее, чем в потомствах самонесовместимых растений, у которых в процессе гаметогенеза резко возрастает число аномалий при развитии пыльцевых зерен, ведущих к стерилизации микрогаметофита. Наряду с тетрадами микроспор формируются монады, диады, триады, пентады. Микроспороциты диад и триад включают в себя по два, а иногда по три ядра, что приводит в дальнейшем к формированию пыльцевых зерен намного крупнее обычных. В тех случаях, когда цитокinesis не заканчивается, происходит формирование стерильных микроспор [1].

Помимо стерилизации пыльцы в процессе инбредного размножения фертильных растений в пыльниках наряду с нормальными пыльцевыми зёрнами встречаются микроспоры, обедненные цитоплазмой, сильно вакуолизованные и часто имеющие несколько ядер, не дифференцированных на вегетативные и генеративные. Также в популяциях микроспор отмечено присутствие конгломератов и цепочек из соединенных 2-4 пыльцевых зерен, по-видимому, образованных в результате отсутствия процесса распада тетрад на отдельные микроспоры. Данное явление охарактеризовано как своеобразная цитологиче-

ская мутация, получившая название «accreting pollen», т.е. сросшаяся пыльца [38].

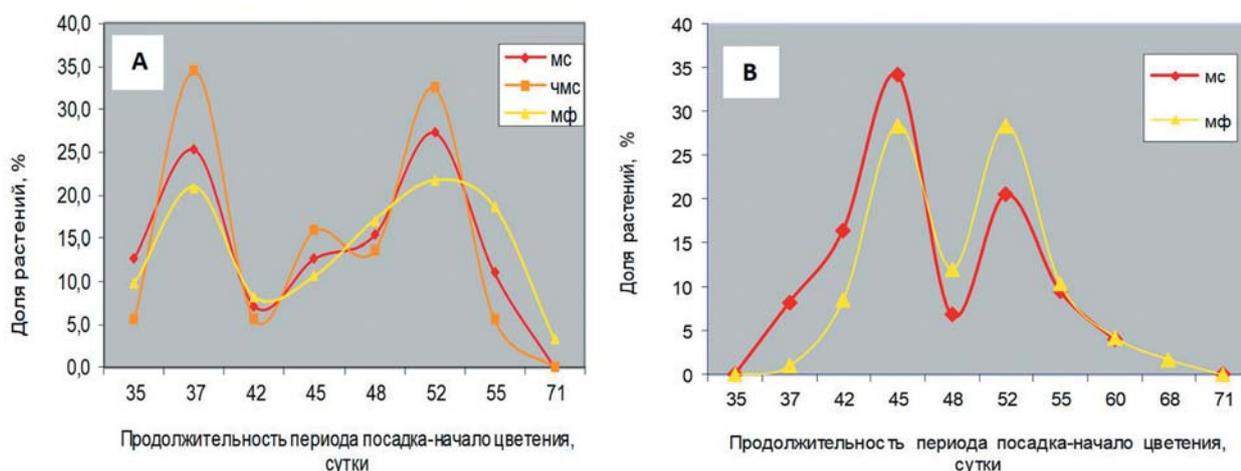
В результате самоопыления наряду с аномалиями микропопуляций пыльцевых зерен, наблюдаются морфологические изменения в строении соцветий и изменчивость числа органов цветков. На отдельных растениях свеклы столовой зафиксировано увеличение числа чашелистиков и тычинок до 6-7 штук, лопастей рыльца до 4-6 с различной степенью опушения. Кроме этого, отмечено срастание пыльников, как в стерильных, так и в фертильных цветках (рис. 5 А, В). В инбредных потомствах присутствуют растения с фасцированными стеблями соцветий, на которых формируются единичные бутоны в пазухах густо расположенных прицветников. На ветвях соцветия отдельных частично-стерильных растений, полученных в результате самоопыления, в пазухах прицветников вместо сидячих цветков могут формироваться дополнительные боковые веточки с редкими стерильными или фертильными цветками (рис. 5 С). В результате, как в первом, так и во втором случае растения имеют очень низкую семенную продуктивность.

**Изменчивость морфобиологических признаков семенных растений свеклы при инбридинге**

Семенные растения свеклы столовой разнообразны и сложны по архитектонике. Фертильные семенные растения свеклы столовой составляют большую часть



**Рис. 5. Возможные изменения морфологических признаков цветка (А); пестика (В); стеблей соцветия (С) свеклы столовой при самоопылении (авторский)**  
**Fig. 5. Possible changes in morphological features of flower (A); pistil (B); inflorescence stems (C) of table beet during self-pollination**



**Рис. 6. Структура отдельных выборок фертильных, частично-стерильных, полностью стерильных растений по продолжительности периода «посадка маточников – бутонизация» (А – исходные популяции; В – инбредные потомства) (авторский)**  
**Fig. 6. Structure of individual samples of fertile, partially sterile, and completely sterile plants by duration of "planting of uteri - budding" period (A - initial populations; B - inbred progenies)**

исходных популяций, и могут быть маловетвистыми с ярко выраженным центральным побегом и многоветвистыми, имеющими побеги замещения с различной силой роста и развития. Изменчивость растений в пределах потомств по данному признаку, не зависимо от поколения инбридинга, значительная и составляет более 50%, при этом большинство растений формируют от 6 до 10 стеблей диаметром 1,4-1,6см, и лишь небольшая часть (около 30%) более 10 стеблей. В зависимости от угла отхождения ветвей первого и второго порядка по отношению к центральному стеблю семенные растения могут быть компактными (прямостоячими) или раскидистыми. Строение куста определяет его высоту, которая в пределах популяции варьирует от 90 до 175 см. По строению семенного куста частично-стерильные растения практически не отличаются от фертильных. Полностью стерильные растения в равных соотношениях формируют 6-10 и более 10 стеблей, диаметром 1,0-1,3 см [39].

Габитус семенного куста свеклы столовой во многом определяется скороспелостью, размером маточников и их строением, режимом зимнего хранения и в меньшей степени наследственностью. Есть мнение, что наиболее скороспелые растения характеризуются компактным строением куста [40]. В результате фенологических наблюдений показано, что в исходных популяциях свеклы столовой большинство растений с различным проявлением признака ЦМС вступают в фазу «начало цветения» на 38 и 52 сутки после посадки (рис. 6 А).

Среди фертильных, встречаются отдельные, наиболее позднеспелые растения, вступившие в фазу «начало цветения» на 71 сутки. Такие растения отличаются крупным габитусом куста и формируют большое число (до 20) сильнооблиственных стеблей. При дальнейшем инбридинге, как у стерильных, так и у фертильных растений, наблюдается также два пика начала цветения, но с меньшей разницей между ними: на 45 и 52 сутки (рис. 6 В). При этом, как и в исходных популяциях, наиболее позднеспелые биотипы встречаются в группе фертильных растений (зацветают на 68 сутки) [39, 41].

### Заключение

Таким образом, в процессе инбридинга перекрестноопыляемых культур, в частности свеклы столовой, селекционер имеет дело с различной изменчивостью, обусловленной рядом факторов. В результате, появляются новые формы, отличные от типичных, изучение которых дает возможность оценить их ценность в зависимости от направления использования в селекционном процессе при создании сортов и гибридов. Это полностью стерильные ЦМС-формы и самосовместимые фертильные формы, продуцирующие большое количество жизнеспособной пыльцы и завязывающие семена при самоопылении. При выделении стерильных форм помимо использования маркерной окраски пыльников важно проводить лабораторный анализ пыльцы на фертильность-стерильность в динамике и исключать из работы формы с проявлением модификационной мужской стерильности под влиянием внешних факторов.

Использование метода рекуррентной селекции по способности завязывать семена при самоопылении повышает выход форм с потенциально высокой самосовместимостью в потомстве. Тем не менее, у фертильных форм репродуктивная способность при самоопылении зависит также от уровня инбредной депрессии, которая влияет на формирование микрогаметофита и зародыша семени, вызывает появление форм с аномалиями в развитии репродуктивных органов, которые исключаются из селекционного процесса.

В настоящее время в «Федеральном научном центре овощеводства» создана коллекция линейного материала свёклы столовой с различной степенью стерильности и сочетанием хозяйственно-значимых признаков. Однако, учитывая сложность получения константных линий для селекции на гетерозис, и ввиду того, что исследования на культуре свеклы столовой в данном направлении немногочисленны, существует необходимость разработки и включения современных молекулярных методов, для поиска форм с требуемым сочетанием генов ядра и цитоплазмы для ускорения и повышения результативности селекционного процесса.

## Об авторах:

**Светлана Александровна Ветрова** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-9897-0413>, автор для переписки, HYPERLINK "mailto:лана-k2201@mail.ru" лана-k2201@mail.ru

**Елена Георгиевна Козарь** – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, [kozar\\_eg@mail.ru](mailto:kozar_eg@mail.ru)

**Мargarita Ивановна Федорова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов, <https://orcid.org/0000-0002-7533-5185>, 12-mif-03@mail.ru

## About the Authors:

**Svetlana A. Vetrova** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory molecular immunological research, <https://orcid.org/0000-0002-9897-0413>,

Correspondence Author, [лана-k2201@mail.ru](mailto:лана-k2201@mail.ru)

**Elena G. Kozar** – Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher head of the laboratory molecular immunological research, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, [kozar\\_eg@mail.ru](mailto:kozar_eg@mail.ru)

**Margarita I. Fedorova** – Dr. Sci. (Agriculture), professor, Principal Scientist of the laboratory of breeding and seed production of table root crops, <https://orcid.org/0000-0002-7533-5185>, 12-mif-03@mail.ru

## • Литература

1. Балков И.Я. Селекция сахарной свеклы на гетерозис. Москва: 1990.
2. Заячковский В.А., Старцев В.И., Балашова Н.Н. Разработка элементов гетерозисной селекции столовой свеклы. *Гавриш*. 1999;(3):24-25.
3. Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции. Москва: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы;1935.
4. Budar F., Berthomé R. Cytoplasmic male sterilities and mitochondrial gene mutations in plants. *Plant Mitochondria*. 2007;(31):278–307. DOI:10.1002/9780470986592.ch9
5. Буренин В.И. Использование инбридинга у свеклы. *Сахарная свекла*. 2015;(1):11-14. EDN UGALVV.
6. McGrath J.M., Panella L. Sugar Beet Breeding. In: Goldman I. *Plant Breeding Reviews*. 2018;(42):167-218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5
7. Owen F.V. Inheritance of cross- and self-sterility and self-fertility in *Beta vulgaris* L. *Journal of Agricultural Research*. 1942;(64):679-698.
8. Федорова М.И., Ветрова С.А., Козарь Е.Г. Особенности фенотипического проявления признака ЦМС семенных растений свёклы столовой. *Овощи России*. 2011;(3):18-23. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-3-18-23>. EDN OZMDRD.
9. Малецкий С.И. Варьирование цитоплазматически контролируемой стерильности пыльцы у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) и ее связь с гетероплазмией митохондрий в клетках. *Генетика*. 1995;(31(11)):1461-1467.
10. Жужжалова Т.П., Знаменская В.В., Подвигина О.А., Яромлюк Г.И. Репродуктивная биология сахарной свеклы. Воронеж: 2007.
11. Зайковская Н.Э. Биология цветения, цитология и эмбриология сахарной свеклы. Биология и селекция сахарной свеклы. Москва; Колос: 1968.
12. Жужжалова Т.П. Репродуктивная биология свеклы (цитология и эмбриология). Эмбриология сахарной свёклы. Развитие мужского гаметофита. В: Малецкий С.И., редактор. Энциклопедия рода Beta: биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: ООО «Издательство Сова»; 2010: 87.
13. Fedorova M.I., Kozar E.G., Vetrova S.A., Zayachkovskiy V.A., Stepanov V.A. Factors to affect inbred beet plants while developing material for linear selection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;4(23):439-447. DOI 10.18699/VJ19.512. EDN KFNMAT.
14. Купцов Н.С. Ультраструктура клеток тычинки фертильной и стерильной (ЦМС) форм сахарной свеклы разного уровня плоидности. Исследования по теоретической и прикладной генетике. Минск: Наука и техника; 1975.
15. Artschwager E. Pollen degeneration in male sterile sugar beet with special reference to the tapetal plasmodium. *Journal of Agricultural Research*. 1947;75(7/8):191-197.
16. Brooks J., Brooks M., Chien L. The anther tapetum in cytoplasmic-genetic male sterile Sorghum. *American Journal of Botany*. 1966;53(9):902-907. DOI:10.2307/2439813
17. Зайковская Н.Э., Жужжалова Т.П. Развитие пыльцевых трубок у самофертильных и самостерильных линий сахарной свеклы при изоляции. *Цитология и генетика*. 1976;10(1):57-61.
18. Голубева Е.А. Развитие пыльников фертильных и стерильных растений сахарной свеклы. *Труды по прикладной ботанике генетике и селекции*. 1983;(74):56-64.
19. Rohrbach U. Beiträge zum Problem der Pollensterilität bei *B. vulgaris* L. I. Untersuchungen über die Ontogenese des Phänotyps. *Pflanzenzücht*. 1965;53(2):105-124.
20. Matsuhiro H., Shinada H., YuiKurino R., Hamato N., Umeda M., Mikami T. et al. An anther-specific lipid transfer protein gene in sugar

- beet: its expression is strongly reduced in male-sterile plants with Owen cytoplasm. *Physiologia Plantarum*. 2007;(129):407–414. DOI:10.1111/j.1399-3054.2006.00813.x
21. Козарь Е.Г., Фёдорова М.И., Ветрова С.А., Заячковский В.А. Связь пигментного состава с маркерной окраской стерильных пыльников ЦМС растений свеклы столовой. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2015;(11):221-225.
22. Norman J. K., Sakai A.K., Weller S.G., Dawson T. E. Inbreeding depression in morphological and physiological traits of *Schiedea lydgatei* (*Caryophyllaceae*) in two environments. *Evolution*. 1995;(49):297–306. DOI:10.2307/2410340
23. Crnokrak P, Roff D. A. Inbreeding depression in the wild. *Heredity*. 1999;(83):260-270. DOI:10.1038/sj.hdy.6885530
24. Kristensen T. N., Dahlgaard J., Loeschcke V. Effects of inbreeding and environmental stress on fitness - using *Drosophila buzzatii* as a model organism. *Conservation Genetics*. 2003;(4):453–465. DOI:10.1023/A:1024763013798
25. Armbruster P., Reed D. Inbreeding depression in benign and stressful environments. *Heredity*. 2005;(95):235-242. DOI:10.1038/sj.hdy.6800721
26. Souza C.L., Fernandes J.S. Predicting the range of inbreeding depression of inbred lines in cross-pollinated populations. *Brazilian Journal of Genetics*. 1997;20(1):e3790. DOI:10.1590/S0100-84551997000100007
27. Cheptou P., Donohue K. Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance. *New Phytologist*. 2011;189(2):395–407. DOI:10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x
28. Angeloni F., Ouborg N., Leimu R. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants. *Biological Conservation*. 2011;(144):35-43. DOI:10.1016/j.bioccon.2010.08.016
29. Cheptou P.O., Imbert E., Lepart J., Escarre J. Effects of competition on lifetime estimates of inbreeding depression in the outcrossing plant *Crepis sancta* (*Asteraceae*). *Journal of Evolutionary Biology*. 2000;13(3):522-531.
30. Малецкий С.И. Репродуктивная биология свеклы (цитология и эмбриология). Семенное размножение сахарной свеклы. В: Малецкий С.И., редактор. Энциклопедия рода Beta: биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: ООО «Издательство Сова»; 2010: 52 с.
31. Жужжалова Т.П. Репродуктивная биология свеклы (цитология и эмбриология). Влияние инбридинга на формирование генеративных органов сахарной свеклы. В: Малецкий С.И., редактор. Энциклопедия рода Beta: биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: ООО «Издательство Сова»; 2010: 164 с.
32. Entani T., Iwano M., Shiba H., Che FS, Isogai A., Takayama S. Comparative analysis of the self-incompatibility (S-) locus region of *Prunus mume*: identification of a pollen-expressed F-box gene with allelic diversity. *Genes Cells*. 2003;8(3):203-213. DOI: 10.1046/j.1365-2443.2003.00626.x
33. Yamane H., Ikeda K., Ushijima K., Sassa H., Tao R. A pollen-expressed gene for a novel protein with an F-box motif that is very tightly linked to a gene for S-RNase in two species of cherry, *Prunus cerasus* and *P. avium*. *Plant and Cell Physiology*. 2003;44(7):764-769. DOI:10.1093/pcp/pcg088
34. Kubo KI, Entani T., Takara A, Wang N., Fields AM, Hua Z. et al. Collaborative non-self recognition system in S-RNase-based self-incompatibility. *Science*. 2010;330(6005):796-799. DOI:10.1126/science.1195243
35. Малецкий С.И., Коновалов А.А. Внутривидовая само- и перекрестная несовместимость. Генетический контроль размножения сахарной свеклы. Новосибирск: Наука; 1991.
36. Логвинов В.А., Красильников Е.А., Волгин В.В., Логвинова А.П., Кудрявцева Н.В. Самосовместимость сахарной свеклы в процессе инбридинга. *Сельскохозяйственная биология растений*. 1993;(3):22-25.
37. Корнеева М.А., Власюк Н.В. Влияние инбридинга на качество пыльцы опылителей сахарной свеклы разной степени гетерозиготности

сти. *Актуальные проблемы генетики*. 2003;(1):106-107.

38. Сеилова Л.Б., Абдурахманов А.А., Бияшев Т.З. Мутация, приводящая к образованию тетрад пыльцевых зерен у сахарной свеклы. *Цитология и генетика*. 1986;22(5):62-63.

39. Ветрова С.А. Оценка и отбор исходного материала для селекции на гетерозис свёклы столовой (*Beta vulgaris* L.). Автореферат диссертации канд. с.-х. наук. Москва, 2011.

40. Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Наука; 1975.

41. Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Федорова М.И. Ускорение селекционного процесса для создания линейного материала свеклы столовой. *Овощи России*. 2019;(1):29-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-29-36>. EDN FHKSEP.

#### • References

1. Balkov I.Ya. Selection of sugar beet for heterosis. Moscow: 1990. (In Russ)

2. Zayachkovskiy V.A., Startsev V.I., Balashova N.N. Development of elements of heterosis selection of table beet. *Gavrish*. 1999;(3):24-25. (In Russ)

3. Vavilov N.I. Botanical and geographical bases of breeding. Moscow: State Publishers of Agricultural Literature, 1935. (In Russ)

4. Budar F., Berthomé R. Cytoplasmic male sterilities and mitochondrial gene mutations in plants. *Plant Mitochondria*. 2007;(31):278-307. DOI:10.1002/9780470986592.ch9

5. Burenin V.I. The use of inbreeding in beets. *Sugar beet*. 2015;(1):11-14. EDN UGALVV. (In Russ)

6. McGrath J.M., Panella L. Sugar Beet Breeding. In: Goldman I. *Plant Breeding Reviews*. 2018;(42):167-218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5

7. Owen F.V. Inheritance of cross- and self-sterility and self-fertility in *Beta vulgaris* L. *Journal of Agricultural Research*. 1942;(64):679-698.

8. Fedorova M.I., Vetrova S.A., Kozar E.G. Phenotypic features of CMS in seed-bearing plants of red beet. *Vegetable crops of Russia*. 2011;(3):18-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-3-18-23>. EDN OZMDRD.

9. Maletsky S.I. Variation of cytoplasmic controlled sterility of pollen in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and its relation to mitochondrial heteroplasm in cells. *Genetika*. 1995;31(11):1461-1467. (In Russ)

10. Zhuzhzhhalova T.P., Znamenskaya V.V., Podvigina O.A., Yarmolyuk G.I. Reproductive biology of sugar beet. Voronezh: 2007. (In Russ)

11. Zaikovskaya N.E. Biology of flowering, cytology and embryology of sugar beet. Biology and selection of sugar beet. Moscow; Kolos: 1968. (In Russ)

12. Zhuzhzhhalova T.P. Reproductive biology of sugar beet (cytology and embryology). Embryology of sugar beet. Development of male gametophyte. In: Maletsky S.I., editor. Encyclopedia of the genus *Beta*: biology, genetics and breeding of sugar beet. Novosibirsk: Sova Publishing House LLC; 2010: 87 p. (In Russ)

13. Fedorova M.I., Kozar E.G., Vetrova S.A., Zayachkovskiy V.A., Stepanov V.A. Factors to affect inbred beet plants while developing material for linear selection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;4(23):439-447. DOI 10.18699/VJ19.512. EDN KFNMAT.

14. Kuptsov N.S. Ultrastructure of stamen cells of fertile and sterile (CMS) forms of sugar beet of different levels of ploidy. Research in theoretical and applied genetics. Minsk: Science and Technology; 1975. (In Russ)

15. Artschwager E. Pollen degeneration in male sterile sugar beet with special reference to the tapetal plasmodium. *Journal of Agricultural Research*. 1947;75(7/8):191-197.

16. Brooks J., Brooks M., Chien L. The anther tapetum in cytoplasmic-genetic male sterile Sorghum. *American Journal of Botany*. 1966;53(9):902-907. DOI:10.2307/2439813

17. Zaikovskaya N.E., Zhuzhzhhalova T.P. Development of pollen tubes in self-fertile and self-sterile sugar beet lines during isolation. *Cytology and genetics*. 1976;10(1):57-61. (In Russ)

18. Golubeva E.A. Development of anthers of fertile and sterile sugar beet plants. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1983;(74):56-64. (In Russ)

19. Rohrbach U. Beiträge zum Problem der Pollensterilität bei *B. vulgaris* L. I. Untersuchungen über die Ontogenese des Phänotyps. *Pflanzenzücht*. 1965;53(2):105-124.

20. Matsuhiro H., Shinada H., YuiKurino R., Hamato N., Umeda M., Mikami T. et al. An anther-specific lipid transfer protein gene in sugar beet: its expression is strongly reduced in male-sterile plants with Owen cytoplasm. *Physiologia Plantarum*. 2007;(129):407-414. DOI:10.1111/j.1399-

3054.2006.00813.x

21. Kozar E.G., Fedorova M.I., Vetrova S.A., Zayachkovskiy V.A. The relationship of pigment composition with marker paint of sterile anthers of CMS of table beet plants. *New and unconventional plants and prospects for their use*. 2015;(11):221-225. (In Russ)

22. Norman J. K., Sakai A.K., Weller S.G., Dawson T. E. Inbreeding depression in morphological and physiological traits of *Schiedea lydgatei* (Caryophyllaceae) in two environments. *Evolution*. 1995;(49):297-306. DOI:10.2307/2410340

23. Crnokrak P, Roff D. A. Inbreeding depression in the wild. *Heredity*. 1999;(83):260-270. DOI:10.1038/sj.hdy.6885530

24. Kristensen T. N., Dahlgaard J., Loeschke V. Effects of inbreeding and environmental stress on fitness - using *Drosophila buzzatii* as a model organism. *Conservation Genetics*. 2003;(4):453-465. DOI:10.1023/A:1024763013798

25. Armbruster P., Reed D. Inbreeding depression in benign and stressful environments. *Heredity*. 2005;(95):235-242. DOI:10.1038/sj.hdy.6800721

26. Souza C.L., Fernandes J.S. Predicting the range of inbreeding depression of inbred lines in cross-pollinated populations. *Brazilian Journal of Genetics*. 1997;20(1):e3790. DOI:10.1590/S0100-84551997000100007

27. Cheptou P., Donohue K. Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance. *New Phytologist*. 2011;189(2):395-407. DOI:10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x

28. Angeloni F., Ouborg N., Leimu R. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants. *Biological Conservation*. 2011;(144):35-43. DOI:10.1016/j.bioccon.2010.08.016

29. Cheptou P.O., Imbert E., Lepart J., Escarre J. Effects of competition on lifetime estimates of inbreeding depression in the outcrossing plant *Crepis sancta* (Asteraceae). *Journal of Evolutionary Biology*. 2000;13(3):522-531.

30. Maletsky S.I. Reproductive biology of sugar beet (cytology and embryology). Seed reproduction of sugar beet. In: Maletsky S.I., editor. Encyclopedia of the genus *Beta*: biology, genetics and breeding of beets. Novosibirsk: Sova Publishing House LLC; 2010: 52 p.

31. Zhuzhhalova T.P. Reproductive biology of sugar beet (cytology and embryology). Effect of inbreeding on the formation of generative organs of sugar beet. In: Maletsky S.I., editor. Encyclopedia of the genus *Beta*: biology, genetics and breeding of sugar beet. Novosibirsk: Sova Publishing House LLC; 2010: 164 p.

32. Entani T., Iwano M., Shiba H., Che FS, Isogai A., Takayama S. Comparative analysis of the self-incompatibility (S-) locus region of *Prunus mume*: identification of a pollen-expressed F-box gene with allelic diversity. *Genes Cells*. 2003;8(3):203-213. DOI: 10.1046/j.1365-2443.2003.00626.x

33. Yamane H., Ikeda K., Ushijima K., Sassa H., Tao R. A pollen-expressed gene for a novel protein with an F-box motif that is very tightly linked to a gene for S-RNase in two species of cherry, *Prunus cerasus* and *P. avium*. *Plant and Cell Physiology*. 2003;44(7):764-769. DOI:10.1093/pcp/pcg088

34. Kubo KI, Entani T., Takara A, Wang N., Fields AM, Hua Z. et al. Collaborative non-self recognition system in S-RNase-based self-incompatibility. *Science*. 2010;330(6005):796-799. DOI:10.1126/science.1195243

35. Maletsky S.I., Konovalov A.A. Intraspecific self- and cross-incompatibility. Genetic control of sugar beet reproduction. Novosibirsk: Nauka; 1991. (In Russ)

36. Logvinov V.A., Krasilnikov E.A., Volgin V.V., Logvinova A.P., Kudryavtseva N.V. Self-compatibility of sugar beet in the process of inbreeding. *Agricultural biology*. 1993;(3):22-25. (In Russ)

37. Korneeva M.A., Vlasyuk N.V. Influence of inbreeding on pollen quality of sugar beet pollinators of varying degrees of heterozygosity. *Actual problems of genetics*. 2003;(1):106-107. (In Russ)

38. Seilova L.B., Abdurakhmanov A.A., Biyashev T.Z. Mutation leading to the formation of tetrads of pollen grains in sugar beet. *Cytology and genetics*. 1986;22(5):62-63. (In Russ)

39. Vetrova S.A. Evaluation and selection of the source material for breeding for heterosis of table beet (*Beta vulgaris* L.). Abstract of the dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences. Moscow, 2011. (In Russ)

40. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. Novosibirsk: Nauka; 1975. (In Russ)

41. Vetrova S.A., Kozar E.G., Fedorova M.I. Acceleration of the breeding process to create a linear material of red beet. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):29-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-29-36>. EDN FHKSEP.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>  
УДК 635.262:631.528.1

В.И. Немтинов\*, Ю.Н. Костанчук

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»  
Россия, 295493 г. Симферополь,  
ул. Киевская, 150

\*Автор для переписки: nemtin2@mail.ru

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

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

**Для цитирования:** Немтинов В.И., Костанчук Ю.Н. Оценка мутагенных образцов чеснока озимого. Овощи России. 2023;(3):24-30.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>

**Поступила в редакцию:** 02.05.2023

**Принята к печати:** 26.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Victor I. Nemtinov\*, Yulia N. Kostanchuk

FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"  
150, Kievskaya str., Simferopol, 295043, Russia

\*Correspondence Author: nemtin2@mail.ru

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

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

**For citations:** Nemtinov V.I., Kostanchuk Yu.N. Evaluation of mutagenic samples of winter garlic. Vegetable crops of Russia. 2023;(3):24-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>

**Received:** 02.05.2023

**Accepted for publication:** 26.05.2023

**Published:** 09.06.2023

# Оценка мутагенных образцов чеснока озимого



## Резюме

**Актуальность.** Использование химического мутагенеза на чесноке актуально для создания новых форм со стабильными признаками, лучшими биохимическими качествами, повышенной урожайностью, с целью использования в селекционной практике.

**Результаты.** Оценивалась реакция чеснока, обработанного двумя химическими мутагенами: ДЭС (диэтилсульфат) – 0,025; 0,05 и 0,1% (мутанты 2, 3 и 4), а также ДМС (диметилсульфат) – 0,02; 0,04 и 0,08% растворами (мутанты 5, 6 и 7).

Последствие химических мутагенов отмечено при низкой и средней вариабельности признаков во втором–пятом поколении. По низкой изменчивости 1,6–9,4% выделена высота растений (образцы М 3 и 6), количество листьев (М 5), высота ложного стебля (М 3), диаметр луковиц (М 6), а также по длине листьев и массе луковиц образцы М 3, 5 и 6. Действие мутагенов на морфометрические признаки чеснока также отслежено во второй генерации (повторное выращивание из воздушных луковиц), где отмечены параметры низкой и средней вариабельности признаков. Большинство образцов по 7 признакам отражали низкую изменчивость 5,5–10,0% и только 2 показали среднюю изменчивость 11,4–16,4%: М 6 по высоте растений и ложному стеблю и М 3 – по диаметру луковиц и урожайности. Корреляция между их значением в 5-ом поколении и во 2-й генерации также выявило сильные прямые и средние связи. Высокая наследуемость признаков  $h^2 = 0,74–0,99$  по препаратам ДЭС – 0,05%, ДМС – 0,02 и 0,04%, явилась важнейшим показателем отбора ценных признаков.

**Ключевые слова:** чеснок озимый, популяция, воздушные луковички, химические мутагены, морфометрия, наследуемость признаков

# Evaluation of mutagenic samples of winter garlic

## Abstract

**Relevance.** The use of chemical mutagenesis on garlic is relevant for the creation of new forms with stable characteristics, better biochemical qualities, increased yield, for use in breeding practice.

**Results.** The reaction of garlic treated with two chemical mutagens was evaluated: DES (diethyl sulfate) – 0.025; 0.05 and 0.1% (mutants 2, 3 and 4), as well as DMS (dimethyl sulfate) – 0.02; 0.04 and 0.08% solutions (mutants 5, 6 and 7). The aftereffect of chemical mutagens was noted with low and medium variability of signs in the second–fifth generation. According to the low variability of 1.6–9.4%, the height of plants (samples M 3 and 6), the number of leaves (M 5), the height of the false stem (M 3), the diameter of bulbs (M 6), as well as the length of leaves and the weight of bulbs samples M 3, 5 and 6 were distinguished. The effect of mutagens on morphometric signs of garlic were also tracked in the second generation (re-growing from air bulbs), where the parameters of low and medium variability of signs are marked. The majority of samples on 7 signs reflected a low variability of 5.5–10.0% and only 2 mutants showed an average variability of 11.4–16.4%: M 6 in plant height and false stem and M 3 in bulb diameter and yield. The correlation between their value in the 5th generation and in the 2nd generation also revealed strong direct and average connections. High heritability of  $h^2$  signs = 0.74–0.99 for DES preparations – 0.05%, VMI – 0.02 and 0.04%, was the most important indicator of the selection of valuable signs.

**Keywords:** winter garlic, population, air bulbs, chemical mutagens, morphometry, heritability of traits

### Введение

Чеснок является одним из полезнейших для здоровья человека продуктом с большим набором целебных свойств, поэтому сортовой набор в реестре селекционных достижений России ежегодно пополняется. Однако из-за разнообразия климатических условий территории России они не могут удовлетворить аридный климат Крыма. Сегодня производству срочно требуется набор 4–5 сортов [1], а посадочный материал следует обновлять чеснока раз в 3–5 лет [2]. Поскольку в России на промышленной основе чеснок выращивается в малых объемах (основное производство сосредоточено в хозяйствах населения), доля импорта на товарном рынке чеснока оценена в 90–98 %. Нестабильная урожайность (связанна с ошибочными методами отбора посадочного материала, вирусные заболевания – желтая мозаика *Lys v*, желтая карликовость *Gys v*, стрик *Oys v* и множество поливирусов) – факторы, влияющие на результат выхода продукции [3,4]. Размножение чеснока через воздушную луковичку с использованием химического мутагенеза это один из путей улучшения сорта и оздоровления посадочного материала.

В процессе размножения чеснока происходит отбор в сторону вегетативного развития и продуктивных форм. Некоторые авторы считают, что промышленная система коммерческого использования ограничивает отбор вида, использования существующей генетической изменчивости индуцированных мутаций, т.е. способ получения новых форм [5]. Применение мутагенов определяет оценку биологических эффектов, влияющих на конкретную клетку или ткань, и зависит от типа мутагена, дозы обработки, что важно для роста и развития растения [6,7]. Однако литературные источники в решении селекционных задач методом химического мутагенеза не раскрывают полноту исследований, это и является новизной в решении проблемы.

Преодолеть тенденцию распространенности малоурожайных популяций чеснока можно при ведении целенаправленной селекции. Стоит задача – изучить изменчивость признаков чеснока озимого с помощью сильных химических мутагенов ДЭС и ДМС, отобрать ценные формы по морфометрии с лучшими хозяйственно ценными признаками и химическим составом для использования в селекции. Значение характера наследуемости морфометрических и хозяйственно ценных признаков определяла степень ассоциации между фено- и генотипическими показателями (селекционными) [8]. Одни количественные признаки имеют низкую наследуемость, другие – относительно высокую [9]. Наследуемость по мнению Leuthoold, Бриггс и Ноулз это важнейший популяционно-генетический параметр отбора [10,11]. Поэтому коэффициент наследуемости, прежде всего дает представление о степени развития данного количественного признака (морфометрии) от условий среды и влияния доз мутагенов. Здесь генетико-математический метод играет важную роль в определении наследуемости признаков [12].

*Цель исследований* – оценка морфометрических изменений *Allium sativum* L. от воздействия химических мутагенов ДЭС и ДМС, и отбор видимых мутационно-измененных форм с ценными хозяйственными признаками для использования в селекции, создания новых сортов, адаптированных в Крыму.

### Материалы и методы

В Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН воздушные луковички стрелкующегося чеснока местной популяции (с. Укромное, Республика Крым) в экспозиции 16 часов были обработаны химическими мутагенами первой группы – ДЭС (диэтилсульфат) 0,025%, 0,05 и 0,1%, а также ДМС (диметилсульфат) 0,02%, 0,04 и 0,08% [13]. Эти мутагены легко вступают в реакцию с белковыми молекулами, что проявляет наибольшее количество видимых фенотипических изменений, полученных именно под действием ДМС и ДЭС, что подтверждают и другие исследователи [14, 15]. В контроле группа луковичек в течение 16 часов замачивалась в воде.

Высев обработанных воздушных луковичек в открытый грунт был проведен на опытном участке отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Укромное, Симферопольский р-н) в 1-й декаде ноября 2015 года по схеме 40+25x8 см, т. е. из расчета 384,6 тыс. шт./га. В каждом варианте высевались по 100 воздушных луковичек. Всего в опыте посеяно 700 шт. (при массе 1000 шт. = 35 г) по всем вариантам. Почва представлена южным карбонатным тяжелосуглинистым чернозёмом, механический состав – глинистый, структура комковатая. Наблюдения и отбор измененных форм проводили в течение всего периода вегетации: всходы, листообразование, формирование луковицы, образование цветоносов, уборочная спелость. Анализировали растения по комплексу признаков: высота; количество листьев, их длина и ширина; диаметр и высота ложного стебля; диаметр и масса луковицы; количество зубков и их масса; окраска внешних чешуй луковицы и кожистых чешуй зубков. Биохимический состав определяли по показателям: сухое вещество, сумма сахаров, витамин С и накопление эфирных масел.

В последующие годы продолжалась оценка мутантов, где зубки высаживались по рядовой схеме через 50 см в открытый грунт. В технологии выращивания мутантов чеснока важную роль играли факторы среды – сложение микроклимата, которые оказывали влияние на морфометрические показатели.

Осенне-зимний период 2018–2021 годов от посадки зубков мутантов чеснока озимого М2 (второго) – М5 (пятого) поколений со второй декады ноября до 2–3 декады января укоренение зубков складывалось при положительной температуре воздуха от 2,8 до 6,1°C. Несмотря на кратковременное понижение минимальной температуры воздуха от -0,9 ... до -20,1°C и на поверхности почвы от -0,8 до -22,3°C, и колебаний максимальной температуры воздуха от 6,5 до 28,0°C, и на поверхности почвы от 3,4 до 17,0°C при выпадении осадков от 39 до 56 мм это не препятствовало укоренению и всходам чеснока. В период интенсивного нарастания листьев с февраля по апрель при средней температуре воздуха от 1,0 до 9,7 °C отмечено снижение *min* и повышение *max* температур от -8,6 до -1,9 °C и от 11,9 до 26,4 °C при выпадении осадков от 1,3 мм (в апреле 2019 года) до 80,5 мм (в марте 2020 года).

В период формирования луковиц с 1–2-й декады мая по 3 декаду июня и 1 декаду июля средняя температура воздуха колебалась от 14,4 до 24,3°C при колебаниях *min* и *max* температур соответственно от 3,9 до 15,1°C и

от 21,9 до 37,2°C. Значительные увеличения min и max температур отмечены на почве – от 1,5–3,5°C и 4,9–18,4°C при наличии осадков от 17,5 до 208,5 мм (в 2021 году). По исследованиям Жученко А.А. [16], сорта (в нашем случае мутанты), также отличались по реакции на температурные условия среды. Здесь в основу положена аксиома влияния количественного признака морфометрии и генетически средовых фонов мутагенов.

Растения анализировали в поколениях в 3-х повторностях. Количественный учёт мутаций учитывался способами: 1) отношением морфометрических показателей к контролю; 2) определением коэффициента изменчивости показателей морфометрии к контролю; 3) определением коэффициента корреляции – «длина листа – диаметр луковицы», «длина листа – масса луковицы». Проявления признаков увеличения и низкосредней изменчивости признаков морфометрии отмечали со 2 поколения размножения зубками. За вторую генерацию размножения чеснока принимали метод получения посадочного материала через воздушную луковичку. Оценку признаков корреляции морфометрии чеснока сравнивали в различных поколениях и со второй генерацией. При определении наследуемости признаков использовали «Методику полевого опыта» [17]. Статистическую обработку результатов опыта проводили с использованием пакета Microsoft Office Excel 2010.

**Результаты исследований и обсуждение**

Оценка характера наследуемости морфометрических признаков и комбинационной способности мутагенных форм является предпосылкой для рационального отбора и прогнозирования эффективности селекции. Коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) является важнейшим генетическим параметром. При составлении  $h^2$

различных количественных признаков в отдельных дозировках мутагенов имелась ввиду двойственность этого коэффициента. С одной стороны, в основу положена аксиома о совместном влиянии на развитие морфометрического признака генетических и средовых факторов – химических мутагенов первой группы, способных переносить алкидные соединения в другие растительные клетки и условий среды. Поэтому этот коэффициент, прежде всего дает представление о степени зависимости данного количественного признака от химических мутагенов и условий среды.

За 2018–2021 гг. контроль чеснока озимого без обработки мутагенами показал сильную наследуемость в потомстве в 5 поколениях по 7 признакам морфометрии ( $h^2$  от 0,81 до 0,99) и среднюю ( $h^2$  от 0,37 до 0,68) по 3-м признакам – по количеству зубков в луковице и урожайности, и длине листьев. Обработка в 3-х концентрациях воздушных луковичек мутагенах ДЭС также показала сильную наследуемость признаков в 5-ти поколениях: по высоте растений, длине листьев, высоте ложного стебля, диаметру луковиц и массе луковиц ( $h^2=0,74-0,99$ ) и в двух концентрациях – по количеству и ширине листьев, диаметру ложного стебля и урожайности ( $h^2=0,78-0,97$ ) (табл. 1).

Обработка воздушных луковиц в 3-х концентрациях мутагеном ДМС показала сильную наследуемость признаков также в 5-ти поколениях: по высоте растений, ширине листьев, высоте ложного стебля и его диаметру, диаметру и массе луковиц и урожайности; в 2-х концентрациях отмечена сильная наследуемость – количество листьев и их длина. Следует отметить, по количеству зубков отмечена средняя наследуемость в контроле по препаратам ДЭС 0,05% и ДМС 0,08% ( $h^2=0,43$  и 0,45).

Ежегодно оценивались морфометрические показатели растений. По сравнению с контролем высота

**Таблица 1. Наследуемость признаков чеснока от мутагенов и факторов среды,  $h^2$  за 2018–2021 годы**  
**Table 1. Heritability of garlic traits from mutagens and environmental factors,  $h^2$  for 2018-2021**

Показатели (см, шт.)	Контроль без обработки	Химические мутагены					
		Препарат ДЭС, %			Препарат ДМС, %		
		0,025	0,05	0,1	0,02	0,04	0,08
Высота растений, см	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Количество листьев, шт.	0,81	0,31	0,79	0,84	0,87	0,82	-0,21
Листья длина, см	0,84	0,74	0,98	0,88	0,88	0,90	-0,05
Листья ширина, см	0,61	0,97	0,78	0,63	0,75	0,77	0,77
Высота ложного стебля, см	0,83	0,94	0,99	0,93	0,95	0,89	0,86
Диаметр ложного стебля, см	0,86	0,84	0,88	0,39	0,94	0,87	0,94
Диаметр луковиц, см	0,81	0,96	0,85	0,76	0,87	0,88	0,94
Масса луковицы, г	0,99	0,99	0,96	0,98	0,87	0,95	0,97
Количество зубков в луковице, шт.	0,37	-0,15	0,43	0,12	0,02	-0,21	0,45
Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	0,68	0,29	0,89	0,95	0,74	0,77	0,86

Таблица 2. Диаметр и масса луковиц чеснока (в 1-м-4-м поколениях)  
Table 2. Diameter and weight of garlic bulbs (in the 1st-4th generation)

№ мутанта и концентрация мутагена	Диаметр луковиц и их изменчивость (V, %)				Масса луковиц и их изменчивость (V, %)			
	см	± к st, см	V, %	± к st, %	г	± к st, г	V, %	± к st, %
1 – Контроль (без обработки)	6,6	0,0	8,6	0,0	100,5	0,0	6,0	0,0
2 – 0,025% ДЭС	6,8	+0,2	8,0	-0,6	100,0	-0,5	3,6	-2,4
3 – 0,05% ДЭС	7,2	+0,6	8,4	-0,2	106,6	+6,1	4,6	-1,4
4 – 0,1% ДЭС	6,6	0,0	5,4	-3,2	85,5	-15,0	5,0	-1,0
5 – 0,02% ДМС	7,2	+0,6	7,1	-1,5	104,0	+3,5	3,6	-2,4
6 – 0,04% ДМС	6,6	0,0	4,2	-4,4	90,8	-9,7	5,3	-0,7
7 – 0,08% ДМС	7,2	+0,6	6,1	-2,5	105,2	+4,7	7,2	+1,2
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	6,6	±0,3	6		98,9	±0,4		
V, %			6,8				5,0	

мутантов увеличивалась с возрастанием концентрации обоих мутагенов по препаратам; 0,05% ДЭС на 7,0 см и 0,02–0,08% ДМС на 5–7 см. Результаты статистической обработки подтверждают достоверность средней совокупности высоты данной группы мутантов находясь в интервале 73,2–75,2 см, где концентрации 0,05% ДЭС и 0,04–0,08% ДМС оказались более влиятельными, так как превысили среднюю по варианту ( $\bar{x}=71,0$ ) на 1,2–4,2 см. Остальные имели более низкие значения. Ошибка средней ( $S\bar{x}=2,7\%$ ) и вариабельность были незначительными ( $V=5,4\%$ ). Установлена сильная обратная корреляционная связь – «высота растений – урожайность» при  $r=-0,9\dots-1,0$  по образцам №3, 5 и 6, против контроля  $r=-0,5$ .

Количество листьев, их расположение зависели от высоты растения. Обработка воздушных луковичек различными мутагенами оказала влияние на количество

листьев и их параметр. Средние и высокие дозировки мутагенов – 0,05–0,1% ДЭС и 0,04–0,08% ДМС увеличивали количество листьев 0,4–0,8 шт. на растениях по сравнению с контролем и средним значением вариантов ( $\bar{x}=8,8$ ). Абсолютная ошибка средней равна  $S\bar{x}=0,4\%$  при незначительной вариабельности признака ( $V=9,6\% \pm 1,7$ ).

В селекции чеснока важны признаки: высота и диаметр ложного стебля. Концентрации препаратов 0,05% ДЭС и 0,04% ДМС до 9,4% увеличивали высоту и диаметр ложного стебля до 0,7 см, что положительно сказалось на урожайности чеснока. С увеличением концентрации препарата ДМС до 0,04% на 0,9–1,1 см увеличивалась высота ложного стебля по отношению к контролю и совокупной средней вариантов  $\bar{x}=11,9$  см, при абсолютной ошибке средней  $S\bar{x} \pm 0,4$  и незначительной изменчивости показателя ( $V 5,5\%$ ).

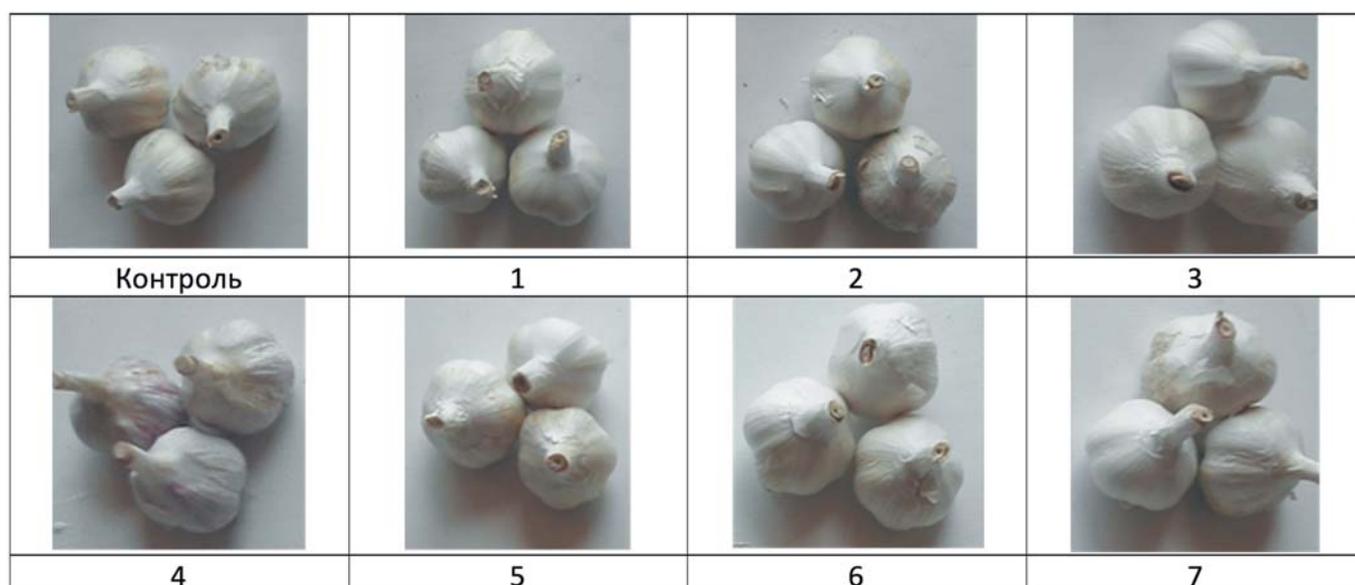


Рис. Мутагенные образцы второго поколения чеснока озимого  
Fig. Mutagenic samples of the second generation of winter garlic

Таблица 3. Урожайность чеснока и её изменчивость, кг/м<sup>2</sup> (в 3-4 поколениях)  
Table 3. Garlic yield and its variability, kg/m<sup>2</sup> (in the 3rd-4th generation)

№ мутанта и концентрация мутагена	2019 год	2020 год	Среднее за 2019-2020 годы	Изменчивость (V, %)
1 – Контроль (без обработки)	1,3±0,1	1,8 ± 0,1	1,6±0,1	7,9
2 – 0,025% ДЭС	1,5±0,0	1,7± 0,2	1,6±0,1	3,7
3 – 0,05% ДЭС	1,6±0,0	2,4± 0,2	2,0±0,1	7,2
4 – 0,1% ДЭС	1,1±0,0	1,8± 0,1	1,4±0,1	4,8
5 – 0,02% ДМС	1,5±0,1	2,2± 0,2	1,8±0,1	3,7
6 – 0,04% ДМС	1,6±0,0	2,0± 0,2	1,8±0,1	7,9
7 – 0,08% ДМС	1,4±0,0	1,6± 0,1	1,5±0,0	4,3
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	1,4±0,1	1,9± 0,2	1,7±0,1	5,6±1,7

Диаметр ложного стебля (л.с.) влияет на прочность стебля и скорость формирования луковицы. Так, в min и max концентрациях ДМС отмечено увеличение диаметра л.с. на 0,5–0,7 см по сравнению с контролем и средним совокупным показателем вариантов  $\bar{x}=2,0$  см при абсолютной ошибке средней  $S\bar{x} \pm 0,1$  и средней ( $V=11\%$ ); средняя изменчивость диаметра л.с. отмечена также при обработке другими концентрациями препарата ДЭС и в контроле. Установлены сильные корреляционные связи – «высота л.с. и диаметр л.с. – урожайность» при  $r = -1,0$  по образцу № 3. Наиболее важными показателями продуктивности являются диаметр и масса луковиц чеснока (табл. 2).

Обработка воздушных луковиц чеснока мутагенами – 0,05% ДЭС, 0,02 и 0,08% ДМС на 9% увеличили диаметр луковиц, где их размер на 0,6 см превышал контроль и среднюю совокупную вариантов  $\bar{x}=6,6$  см при ошибке  $S\bar{x} \pm 0,3$  и незначительной изменчивости признака ( $V=6,8\%$ ).

Величину урожайности определяла масса луковиц, наибольшую величину показали варианты 3, 5, 7 – 104–107 г препараты с концентрацией – 0,05% ДЭС и 0,02–0,08 ДМС при совокупной средней вариантов  $\bar{x}=98,9$  и абсолютной ошибке средней  $S\bar{x} \pm 5,4$  при незначительной вариабельности массы луковиц ( $V=5,0\%$ ). Итак, обработка воздушных луковиц мутагенами – 0,05% ДЭС и 0,02...0,04% ДМС не только увеличивала показатели по морфометрии мутантов – высоты растений, количества листьев, изменяла высоту и

диаметр ложного стебля, но увеличивала урожайность на 12,5–25,0% в сравнении с контролем (рис., табл. 3).

Увеличение урожайности на 12,5–25,0% отмечено при обработке 0,05% ДЭС и 0,02...0,04% ДМС, которые превышали контроль и средние значения урожайности вариантов (1,7 кг/м<sup>2</sup>) в 1,1-1,2 раза. Коэффициенты вариации по урожайности находились в интервале 3,7–7,9% при незначительной средней изменчивости  $V=5,6 \pm 1,7$ . Установлено, что сильные корреляционные связи  $r=0,83-0,97$  – «длина листа – масса луковицы» отмечены у образцов №5 и 7, а также по «длине листа – диаметру луковицы» при  $r=0,7-0,99$  в вариантах №2, 4 и 7. Остальные образцы отмечены при низких и средних значениях  $r=0,2-0,63$ . Последствие химических мутагенов в 2021 году отмечено при низкой и средней вариабельности признаков. По низкой изменчивости 1,6–9,4% выделилась высота растений (мутанты №3 и 6), количество листьев (5), высота ложного стебля (3), диаметр луковиц (6), а также по длине листьев и массе луковиц все мутанты №№ 3,5 и 6. Остальные признаки были в пределах средних значений 10,1–16,6% (табл. 4).

Действие мутагенов на морфометрические признаки чеснока также отслежено на второй генерации в 2021 году (выращивание однозубок из воздушных луковичек), где параметры признаков были более четко выражены (табл. 5).

Отмечена низкая и средняя вариабельность признаков. Большинство мутантов по 7 признакам отра-

Таблица 4. Морфометрия чеснока при последствии мутагенов в 5-ом поколении, 2021 год  
Table 4. Morphometry of garlic in the aftereffect of mutagens in the 5th generation, 2021

№ мутанта, концентрация мутагена	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листьев, см	Высота ложного стебля, см	Диаметр луковицы, см	Масса луковицы, г	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>
1. Контроль (без обработки)	39,1±3,1	6,3±0,3	56,1±2,7	15,1±1,2	6,2±0,3	55,6±2,6	1,5±0,09
3. 0,05% ДЭС	47,3±1,8	7,0±0,6	52,3±0,3	18,3±0,2	6,6±0,0	68,4±1,5	3,4±0,3
5. 0,02% ДМС	40,7±3,1	6,3±0,3	58,7±0,9	13,9±1,2	6,1±0,2	68,7±1,2	2,0±0,05
6. 0,04% ДМС	44,7±2,4	6,0±0,6	57,7±1,7	16,8±1,1	6,0±0,3	60,0±1,9	1,7±0,09
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	42,8±2,6	6,4±0,4	56,2±1,4	16,1±0,9	6,2±0,2	63,1±5,1	2,1±0,1
V, %	11,2	10,9	7,3	10,7	9,2	5,1	9,9
НСР <sub>05</sub>							0,34

Таблица 5. Последствие мутагенов при выращивании луковиц из воздушных луковичек чеснока озимого от второй генерации (2021 год)  
Table 5. Aftereffect of mutagens in the cultivation of bulbs from air bulbs of winter garlic from the second generation (2021)

№ мутанта, концентрация мутагена	R между значением признаков в 5-ом поколении и во 2-й генерации						
	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листьев, см	Высота ложного стебля, см	Диаметр луковицы, см	Масса луковицы, г	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>
1. Контроль (без обработки)	45,1±1,6	6,7±0,3	62±2,3	13,8±0,2	6,7±0,4	55±1,2	1,7±0,1
3. 0,05% ДЭС	48,3±0,9	6,7±0,3	58,3±2,0	16,5±0,5	6,3±0,4	66,7±0,7	2,6±0,2
5. 0,02% ДМС	59,3±2,3	7,7±0,3	62,3±2,0	14,5±0,3	6,3±0,2	75,7±1,3	2,8±0,03
6. 0,04% ДМС	55,7±2,2	7,0±0,6	68,0±1,5	16,8±1,6	6,4±0,1	79,7±2,4	3,0±0,09
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	52,1±1,8	7,1±0,4	62,7±2	15,4±0,6	6,4±0,3	69,2±1,4	2,5±0,1
V, %	6,8	10,0	5,5	7,1	7,5	4,3	8,6
HCP <sub>05</sub>							0,45

Таблица 6. Корреляция признаков чеснока при влиянии мутагенов, 2021 год  
Table 6. Correlation of garlic traits under the influence of mutagens, 2021

№ мутанта, концентрация мутагена	R между значением признаков в 5-ом поколении и во 2-й генерации						
	Высота растений	Количество листьев	Длина листьев	Высота ложного стебля	Диаметр луковицы	Масса луковицы	Урожайность
1. Контроль (без обработки)	-0,42	0,99	0,98	-0,65	-0,60	-0,86	-0,95
3. 0,05% ДЭС	-0,75	1,00	0,60	0,94	0,99	-0,85	0,75
5. 0,02% ДМС	0,89	0,87	-0,53	-0,99	-0,97	0,60	0,56
6. 0,04% ДМС	-0,71	0,50	-0,50	0,84	-0,89	0,42	0,76

жали низкую изменчивость 5,5–10,0 и только 4 мутанта показали среднюю изменчивость 11,4–16,4 №6 по высоте растений и ложному стеблю и №3 по диаметру луковиц и урожайности. Определение признаков корреляции между их значением в 5-ом поколении и во 2-й генерации показало сильные прямые и средние связи (табл. 6).

Так, по мутанту 3 из 7 показателей морфометрии 6 значений относились к сильной и прямой связи от -0,75...-0,85 до 1, где признак корреляции длины листьев отмечен в среднем значении  $r=0,6$ . По мутанту 5 значение 4-х корреляций – высоты растений и ложного стебля, количества листьев и диаметра луковиц были сильными (0,87...-0,99), где остальные связи это длина листьев, масса луковиц и урожайность относились к средним значениям  $r= -0,53-0,60$ . Мутант 6 также показал стабильные связи по 4-м признакам: это высота растений и ложного стебля, диаметр луковиц и урожайность: - 0,71–0,86...-0,89, остальные показатели были в средних значениях  $r= 0,42-0,50$ . Контроль также показал сильные связи по 4-м признакам это количество листьев и их длина, масса луковиц и урожайность. Оценка биохимического состава продукции при использовании мутагенов являлась важным показателем в селекции чеснока озимого. Так, по сравнению с контролем в 3-4-ом поколениях отмечено > сухого вещества концентрации ДЭС и ДМС до max на 4,1-9,3%. Здесь различные

концентрации мутагенов не оказали существенного влияния на > витамина С в продукции. В 5-ом поколении подобная тенденция сохранялась только по препарату 0,05% ДЭС. Очевидно большее количество осадков в 5-ом поколении (май – 1 декада июля до 198 мм) и увеличение температуры воздуха более 36°C увеличивало содержание эфирных масел и уменьшало содержание сухого вещества в продукции.

### Заключение

1. В селекционном питомнике обработка воздушных луковичек мутагенами 0,05% ДЭС и 0,02; 0,04% ДМС не только увеличивала показатели морфометрии мутантов и высокие корреляции увеличения урожайности чеснока на 27–67% по сравнению с контролем, но и определила высокую наследуемость признаков  $h^2=0,7-0,99$ .

2. Образцы мутантов от 2-ой генерации № 3, 5, 6 с низкой и средней изменчивостью хозяйственно ценных признаков (урожайность – 2,5-11,5%, масса луковиц – 3,0-5,2%, количество зубков – 12,5-13,9%) и морфометрии (высота растений – 3,1-6,8%, длина листьев – 3,9-5,6%, количество листьев – 8,1-14,9%), и повышенным содержанием общих сахаров (18,5-24,1%) и средним содержанием эфирного масла (0,14-0,34%) рекомендуются для исследования в контрольном питомнике клонов.

## Об авторах:

**Виктор Илларионович Немтинов** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник,  
<https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>,  
 автор для переписки, nemtin2@mail.ru

**Юлия Николаевна Костанчук** – старший научный сотрудник,  
<https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>, kostanyulya@mail.ru

## About the Authors:

**Victor I. Nemtinov** – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher,  
<https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>,  
 Correspondence Author, nemtin2@mail.ru

**Yulia N. Kostantchuk** – Senior Researcher,  
<https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>, kostanyulya@mail.ru

## • Литература

1. Сыч З.Д. Чеснок: новые перспективы для бизнеса. *Овощеводство*. 2013;(10):15-17.
2. Поляков А.В., Зубалий А.В. К проблеме получения безвирусного посадочного материала чеснока озимого. *Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях*. Сб. науч. тр. Международно научно-практической конференции к 85-летию ВНИИО. М.; 2015. С.328–332.
3. Кокарека Н.Н., Плешакова Т.Н. Вирусы лука и чеснока: диагностика и профилактика. *Картофель и овощи*. 2013;(6):13–14. EDN QZPREH.
4. Налобова В.Л., Купреенко Н.П., Войтехович И.М. Анализ сортообразцов лука репчатого и чеснока озимого на наличие вирусной инфекции. *РУП Сб. науч. тр. Института овощеводства*, Минск. 2013. Т.21. С.142-147.
5. Matijevic M., Bado S., Lagoda P.J.L. and Forster B.P. Impact of Induced Mutations in Plant Breeding. International Conference on Plant Genetics and Breeding Technologies, Vienna, 18-20 February 2013: 45-48 p.
6. Taner Y. and Kunter B. Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). *Bahçe*. 33. 2004:95-99.
7. Хазиева Ф.М., Басалаева И.В., Тоцкая С.А., Грязнов М.Ю., Сидельников Н.И., Булова А.Е. Влияние химических мутагенов на *Calendula officinalis* L. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2014;(4):66. EDN STUHSR.
8. Nemtinov V.I., Shirokova A.V., Kostanchuk Yu.N., Pekhova O.A., Timasheva L.A., Belova I.V., Danilova I.L. The paradigm of induced chemical mutagenesis of *Allium sativum* L. *E3S Web of Conferences*. Moscow, 2020: 04024. DOI 10.1051/e3sconf/202022404024. EDN KVIPGI.
9. Robertson D.S. *Genetics*. 1955;(40):745–760.
10. Leuthoold Y. *Areh. Tiezzucht*. 1968. Bd. 2. P.3–25. В кн.: Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев. Изд. «Штиинца». 1980. Гл.4. С. 148-201.
11. Бриггс Ф., Ноулз П. Научные основы селекции растений = Introduction to plant breeding. Москва: Колос, 1972. 398 с.
12. Плохинский Н.А. *Цитология и генетика*. 1971;5(6):665-672.
13. Немтинов, В.И., Широкова А.В. Мониторинг оценки морфометрии чеснока озимого при использовании химических мутагенов. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2019;(133):187-194.
14. Roychowdhury R., Tah J. Chemical mutagenic action on seed germination and related agro-metrical traits in M1 *Dianthus* generation. *Current Botany*. 2011;2(8):19–23.
15. Кудина Г.А. Химические мутагены в селекции цветочно-декоративных растений. *Промышленная ботаника*. 2006;(6):116-120. EDN ZCKRJJ.
16. Жученко А.А. Адаптация растений к температуре. *Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)*. Кишинев, Изд «Штиинца», 1988. С.220–227.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Определение коэффициента наследуемости. М: Агрпромиздат, С. 306-313.

## • References

1. Sych Z. D. Garlic: new perspectives for business. *Vegetable growing*. 2013;(10): 15–17. (In Russ.)
2. Polyakov A.V., Zubaliy A.V. On the problem of obtaining of non-viral seed material of overwinter garlic. *The scientific support for the vegetable industry of Russia in modern conditions. / Collection of scientific papers based on the International scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing*, Moscow: 2015. P. 328-332. (In Russ.)
3. Kokareka N.N., Pleshakova T.N. The viruses of the onion and garlic: diagnostics and preventive measures. *Potato and Vegetables*. 2013;(6):13–14. EDN QZPREH. (In Russ.)
4. Nalobova V.L., Kuprienko N.P., Voitekhovich I.M. Analysis of varieties of onion and winter garlic for the presence of a viral infection. *Collection of scientific works of the Institute of Vegetable growing*. Minsk, 2013; (21):142-147. (In Russ.)
5. Matijevic M., Bado S., Lagoda P.J.L. and Forster B.P. Impact of Induced Mutations in Plant Breeding. International Conference on Plant Genetics and Breeding Technologies, Vienna, 18-20 February 2013. P. 45-48.
6. Taner Y., Kunter B. Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). *Bahçe*. 33. 2004. P.95-99.
7. Haziieva F.M., Basalaeva I. V., Tockaja S. A., Grjaznov M. Ju., Sidel'nikov N. I. and Burova A. E. The effect of chemical mutagens on *Calendula officinalis* L. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii*. 2014;(4):66. EDN STUHSR. (In Russ.)
8. Nemtinov V.I., Shirokova A.V., Kostanchuk Yu.N., Pekhova O.A., Timasheva L.A., Belova I.V. and Danilova I.L. The paradigm of induced chemical mutagenesis of *Allium sativum* L. *E3S Web of Conferences*. Moscow, 2020: 04024. DOI 10.1051/e3sconf/202022404024. – EDN KVIPGI.
9. Robertson D.S. *Genetics*. 1955;(40):745–760.
10. Leuthoold Y. *Areh. Tiezzucht*. 1968. Bd. 2. P.3–25.
11. Briggs F., Knowles P. Scientific foundations of plant breeding = Introduction to plant breeding. Moscow: Kolos, 1972. 398 p. (In Russ.)
12. Plokhinsky N.A. *Cytology and genetics*. 1971;5(6):665-672.
13. Nemtinov V.I., Shirokova A.V. Monitoring of the evaluation of winter garlic morphometry using chemical mutagens. *Bulletin of GNBS*. Yalta. 2019;(133):187-194. (In Russ.)
14. Roychowdhury R., Tah J. Chemical mutagenic action on seed germination and related agro-metrical traits in M1 *Dianthus* generation. *Current Botany*. 2011;2(8):19–23.
15. Kudina G.A. Chemical mutagens in flower-ornamental plant selection. *Industrial Botany*. 2006; (6):116-120. EDN ZCKRJJ. (In Russ.)
16. Zhuchenko A.A. Plant adaptation to temperature. *Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic basis)*. Chisinau, Publishing House "Shtinitsa", 1988. P. 220-227. (In Russ.)
17. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.-Agropromizdat, 1985. 306-313 p. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-31-35>  
УДК 635.9:550.3:631.526.323

Л.М. Шило\*, Л.В. Беспалько

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: shilo@yandex.ru

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

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

**Для цитирования:** Шило Л.М., Беспалько Л.В. Новый сортобразец льна многолетнего (*Linum perenne* L.) Блюз селекции ФГБНУ ФНЦО. *Овощи России*. 2023;(3):31-35. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-31-35>

**Поступила в редакцию:** 04.04.2023

**Принята к печати:** 15.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Larisa M. Shilo\*, Lesya V. Bepalko

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

\*Correspondence Author: shilo@yandex.ru

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

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

**For citations:** Shilo L.M., Bepalko L.V. The new variety of perennial flax (*Linum perenne* L.) Blues of the selection of the FSBSI FSVC. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):31-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-31-35>

**Received:** 04.04.2023

**Accepted for publication:** 15.05.2023

**Published:** 09.06.2023

# Новый сортобразец льна многолетнего (*Linum perenne* L.) Блюз селекции ФГБНУ ФНЦО



## Резюме

**Актуальность и материал исследований.** Лен – многолетнее травянистое растение, обладающее высокой декоративностью, с продолжительным цветением, зацветает в первый год вегетации. Растение нетребовательное к условиям произрастания. В результате многократных селекционных отборов из иностранного сорта, выведен сортобразец льна многолетнего №Л-22 Блюз, рекомендованный к использованию в декоративных целях. Листья и яркая окраска цветков обеспечивают контраст многолетним бордюрам и клумбам. Хорошо смотрится как в одиночных так и групповых посадках, а так же в срезке.

**Результаты.** Изучение льна многолетнего проводилось в открытом грунте Московской области (2015-2022 годы) на опытных участках сектора цветочных культур ФГБНУ ФНЦО. Выделена наиболее выровненная по декоративным признакам форма – Л-22 с высокой семенной продуктивностью соцветий, декоративностью и зимостойкостью. Проведено сортоиспытание и предварительное размножение перспективного сортобразца льна многолетнего. Такие признаки как «высота растения», «диаметр куста», «число декоративных побегов», «диаметр цветка», имели низкое или среднее значение варьирования, что характеризует данный образец как наиболее выровненный. Таким образом, сортобразец льна многолетнего, рекомендован к выращиванию и использованию в декоративных целях. Голубая окраска цветков обеспечивают контраст многолетним бордюрам и клумбам, поэтому он пользуется большой популярностью у садоводов. Используется в самых разных групповых композициях: в миксбордерах, альпинариях, цветниках и бордюрах, хорошо смотрится в срезке. Отличается стойкостью окраски цветков при выгорании на солнце; устойчивостью к болезням и вредителям; большим количеством цветков на растении; высокой семенной продуктивностью.

**Ключевые слова:** лен многолетний, новый сортобразец, селекция

## The new variety of perennial flax (*Linum perenne* L.) Blues of the selection of the FSBSI FSVC

### Abstract

**Relevance and research material.** Flax is a perennial herbaceous plant with a high decorative value, with a long flowering, blooms in the first year of vegetation. The plant is undemanding to the growing conditions. As a result of multiple selection selections from a foreign variety, the long-term flax variety No. L-22 "Blues" recommended for use for decorative purposes was derived. The leaves and the bright color of the flowers provide a contrast to the perennial borders and flower beds. It looks good both in single and group plantings, as well as in cutting.

**Results.** The study was carried out in the open ground of the Moscow Region (2015-2022) on experimental plots of the flower crops sector of the Federal Scientific Vegetable Center. The most aligned form according to decorative features is L-22 with high seed productivity of inflorescences, decorative and winter hardiness. Variety testing and preliminary propagation of a promising long-term flax variety was carried out. Signs such as "plant height"

**Keywords:** long-term flax, new variety, selection

**Введение**

**Л**ен многолетний (*Linum perenne* L.), род Лен, семейства Льновые. Распространен в Европе, Белоруссии, Молдавии, Европейской части России [1]. В природе растет на светлых местах, на свежих, богатых минеральными солями, известковых почвах: на каменистых полянах и горных лугах в субальпийском и альпийском поясе. В Словакии в основном встречается в низинах [2].

Семейство (*Linaceae*) включает 18 родов и около 300 видов [3]. Среди льна встречаются масличные, прядильные, декоративные и лекарственные растения с голубыми, белыми, желтыми, розовыми, желтоватыми и красными соцветиями [4]. Первоначально это растение использовали для производства текстильных тканей. Льняная ткань отличалась хорошей впитывающей способностью и воздухопроницаемостью. Потом обнаружили целебные свойства льняных семян, их стали использовать в медицине. Наибольшее промышленное значение имеют виды, которые дают семена для производства масла. Однако есть несколько видов с крупными и красочными цветками, которые с успехом выращивают в саду в качестве декоративных растений [5].

Особого внимания как декоративные растения заслуживают следующие виды льна, которые можно выращивать в нашей стране (однолетние и многолетние): Лен крупноцветковый (*Linum grandiflorum*); Лен посевной (*Linum usitatissimum*); Лен нарбонский (*Linum narbonense*); Лен желтый (*Linum flavum*) и Лен многолетний (*Linum perenne*) [6].

**Лен крупноцветковый** (*Linum grandiflorum*) – однолетнее растение высотой до 50 см, имеет крупные цветки (диаметром 3-5 см), собранные в рыхлое соцветие. Лепестки могут быть карминно-красными, розовыми, оранжевыми, лососевыми, белыми с темным основанием в центре цветка. Цветет с июня до заморозков.

**Лен посевной** (*Linum usitatissimum*) – однолетнее растение, имеет некрупные цветки синего или белого цвета. Высотой 30-70 см. Цветет с июня по июль/август.

**Лен нарбонский** (*Linum narbonense*) – многолетнее растение, цветки имеют голубовато-фиолетовую окраску, растение высотой до 40 см. Цветет с июня по август-сентябрь.

**Лен желтый** (*Linum flavum*) – многолетнее растение, отличается от других видов золотистыми цветками. Растение высотой до 50 см, хорошо кустится. Цветет с июня по август.

**Лен многолетний** (*Linum perenne*) встречается в диком и культурном виде, в природе растет в низинах, достигая высоты 60-100 см [7].

Лен многолетний лучше произрастает на легких, плодородных почвах. Необходима подкормка рассады и высаженных растений в открытый грунт перед цветением комплексными минеральными удобрениями. После высадки рассады в открытый грунт требуется умеренный полив. Предпочитает открытое солнечное место. Агротехнические требования: рыхление, прополка, обрезка. Размножается через рассаду или прямым посевом семян в грунт, а также черенками и делением куста. Легко переносит пересадку [8].

Лен многолетний – растение неприхотливое, имеет очень прочные прямостоячие стебли. Лен это изящный, долгоцветущий многолетник для солнечных мест, он отличается высокой устойчивостью к засухе. Однако застой воды губителен для льна, Лен устойчив к болезням и вредителям [9]. У льна многолетнего крупные голубые цветки, состоящие из 5 лепестков, 5 чашелистиков, 5 больших развитых тычинок и 5 маленьких пестиков. Цветки собраны в рыхлые соцветия, закрываются около полудня и быстро опадают. Цветет с июня по август. Для повторного цветения срезается надземная часть до прикорневой розетки. Плоды представляют собой коробочки, внутри коробочки 10 продолговатых семечек, гладких, длиной 4-5 мм, темно-коричневой окраски.

Исследователи Американского университета Миннесоты оценили потенциал срезанных цветков сортов многолетнего льна (*L. perenne* L. «Blue Flax» и «Sapphire»; Expt. 1, 2018 г.) и образцов (*L. austriacum* L., *L. lewisii* Pursh) и (*L. perenne*; Expt. 2, 2019 г.), а также регистрировали признаки, которые позволят проводить селекцию для повышения продуктивности срезанных цветов. Средняя продолжительность жизни в вазе у обоих сортов в Expt. 1 было 9,2 дня. В доп. 2, у *L. perenne* была самая длинная средняя длительность стояния в вазе (9,3 дня), за ней следуют *L. austriacum* (9,1 дня) и *L. lewisii* (8,3 дня). Цветочный консервант (Floralife 300) значительно увеличил жизнь в вазе в среднем на 1,7 дня в Expt. 1 и 1,6 дня в Expt. 2, и привело к значительно большему количеству цветков (~2x) в обоих экспериментах. Между генотипами наблюдались значительные различия по большинству признаков, включая срок жизни в вазе (от 6,2 до 11,3 дней) и количество цветков (от 1,3 до 10,5), что подчеркивает возможности улучшения потенциала многолетнего льна на срезку посредством селекции [10].

На данный момент, на рынке представлены следующие декоративные сорта льна (Голубое небо – с светло-голубыми цветками, Солнечный зайчик – с желтыми лепестками; Шарм Кримсон – крупные, насыщенно-красные цветки; Бриллиант – цветки белые, Румянец – ярко-розовые атласные цветки; Ясные глазки – белые цветки, центральная часть которых насыщенно-розового цвета; «Лазурная гавань» – цветки нежно-голубой окраски; Пилигрим – цветки голубые [11].

**Цель, материалы и методы исследований**

Целью данной работы являлось создание сорта льна многолетнего с высокой декоративностью и комплексом хозяйственно ценных признаков. Исходным материалом послужил селекционный образец с голубой окраской цветка. При отборе учитывался размер цветка, яркость окраски и структура соцветия. Исследования проводились в условиях открытого грунта Московской области, на опытном участке сектора селекции и семеноводства цветочных культур ФГБНУ ФНЦО начиная с 2015 года. Первичная оценка данного образца проводилась по морфологическим, биологическим, хозяйственно ценным признакам [12]. В работе использованы методические рекомендации по элитному семеноводству, апробации посевов и сортоизучению цветочных культур [13].

### Агротехника льна многолетнего

В условиях Подмосквья лен многолетний выращивали через рассаду. Семена высевали в ящики (март), наполненные смесью, состоящей из торфа и перлита. Глубина заделки семян 0,5 см, при температуре +20...25°C. Всходы появляются на 5-10 сутки, через неделю пикировали в кассеты (апрель). Высадка в открытый грунт во второй половине мая, при высоте рассады 9-10 см. В период вегетации проводилась четырехкратная прополка сорняков и рыхление растений. Зимуют все растения без укрытия. Весной (2,3-й годы вегетации) по талому снегу проводили первую подкормку минеральными удобрениями, в период бутонизации – вторую, фосфорными и калийными удобрениями, прополки и рыхления по мере необходимости, во время созревания семян все вызревшие побеги срезали. После подсушивания вороха, проводили обмолот, при этом использовали молотилку, а затем очищали на семяочистительной машине «Пектус».

### Результаты исследований

Проведена работа по улучшению исходной популяции льна многолетнего путём применения индивидуального отбора. Выделена наиболее выровненная по декоративным признакам форма – Л-22 с высокой семенной продуктивностью соцветий, декоративностью и зимостойкостью. Проведено сортоиспытание и предварительное размножение перспективного сортообразца льна многолетнего. Данный сортообразец планируется передать в ФГБУ "Госсорткомиссия" под названием Блюз (рис.1).

Предварительные фенологические наблюдения за проявлением основных декоративных признаков в течение нескольких репродукций показали, что растения льна многолетнего выровнены по высоте, компактности куста и по окраске цветка. Примесей

не обнаружено. После обработки этих образцов в 2019 году были отобраны элитные сеянцы и выделены растения с высокими декоративными признаками. Полученные семена с этих растений были высеваны в 2020 году. Полученная рассада высажена в открытый грунт 15 мая. Растения высаживали в заранее подготовленные гряды. Расстояние между рядами – 60-70 см, расстояние между растениями в ряду – 25-30 см, повторность трехкратная. Количество растений в одной повторности – 50 шт. Размещение делянок – рендомизированное. Наблюдения проводили в течение последующих трех лет (2020-2021-2022 годы). Данные представлены в таблице.

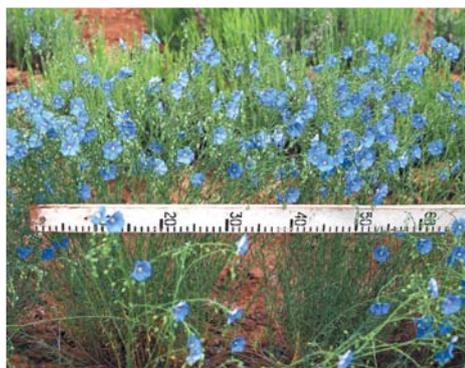
Как видно из таблицы, такие признаки как «высота растения», «диаметр куста», «число декоративных побегов», «диаметр цветка», имели низкое или среднее значение варьирования, что характеризует данный образец как выровненный, по сравнению с контрольным вариантом (исходная форма) [14].

В первый год вегетации у льна происходит закладка и формирование куста. Цветение наступает в первый год вегетации (июль), продолжительность цветения - 60 суток. Основная окраска верхней стороны лепестков *RHSColourChart* (цветовая шкала *RHS101BBLUEGROUP*), ярко-голубая. На второй год вегетации показатели таких признаков как высота, диаметр куста, число декоративных побегов, число цветков на растении - увеличиваются. В этот период заканчивается этап формирования куста. В третий год вегетации увеличивается высота куста, диаметр куста, число декоративных побегов в пределах 20%, диаметр цветка увеличивается незначительно (рис.2).

Голубая окраска цветка у льна многолетнего обусловлена наличием антоцианов. Антоцианы – окрашенные растительные гликозиды, относящиеся к флавоноидам. Антоцианы, присущие у льна в большом количестве находятся в соцветиях (лепестки).

Таблица. Изменчивость основных декоративных признаков у льна многолетнего (*Linum perenne L.*) (2020-2022 годы)  
Table. Variability of the main decorative features (*Linum perenne L.*) (2020-2022)

Год вегетации	Признаки							
	высота астиения, см		диаметр куста, см		число декоративных побегов, шт.		диаметр цветка, см	
	X±Sx	V,%	X±Sx	V, %	X±Sx	V, %	X±Sx	V, %
1 год вегетации, 2020	40,9±7,7	18,8	40,1±3,2	7,9	23,4±5,4	7,3	2,2±0,2	8,7
2 год вегетации, 2021	55,1±4,3	7,8	56±3,4	6,1	47,1±4,3	9,1	2,7±0,21	7,6
3 год вегетации, 2022	75,5±4,1	5,4	75,4±3,7	4,8	72±5,5	7,6	2,9±0,08	2,7
Контроль (селекционный отбор) 2 год вегетации	45±9,2	16,6	50,4±8,9	17,6	31,6±6,7	21,2	2,3±0,14	6,1



**Рис. 1. Лен многолетний Блюз**  
**Fig. 1. *Linum perenne*, variety Blues**



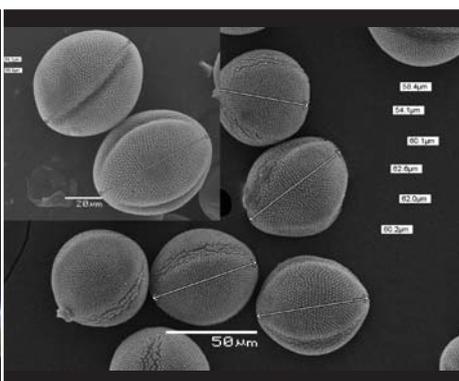
**Рис. 2. Цветок льна многолетнего**  
**Fig. 2. The flower of *Linum perenne***



**Рис. 3. Соцветие льна многолетнего**  
**Fig. 3. The Inflorescence of *Linum perenne***



**Рис. 4. Внутреннее строение цветка льна многолетнего (тычинки, пестик, чашелистики)**  
**Fig. 4. The internal structure of a flower of *Linum perenne***



**Рис. 5. Пыльцевые зерна льна многолетнего**  
**Fig. 5. Pollen grains of *Linum perenne***



**Рис. 6. Семена льна многолетнего**  
**Fig. 6. Seeds of *Linum perenne***

стки венчика). Голубая окраска цветка обусловлена содержанием антоцианов – М (мальвидин) и Х (хирзутидин) глюкозидов [15].

#### Морфологические и биологические признаки сортаобразца

Высота растения в период массового цветения – 55-75 см, диаметр – 60-75 см. Тип куста полураскидистый, облиственность сильная, окраска листьев зеленая, листья гладкие. Корневая система мочковатая. Среднее число соцветий на одно растение составляет в 1 год – 150 шт., во 2 год – 300 шт., в 3 год – 450 шт. Соцветия расположены на поверхности куста. Форма соцветий щитковидная метелка (рис.3). Форма цветка актиноморфная, окраска голубая. Размер цветка – 2,5x2,5 см, состоящий из 5 лепестков, 5 чашелистиков, 5 больших развитых тычинок и 5 маленьких пестиков (рис.4). Аромат цветков слабый. Пыльцевые зерна у льна крупные, хорошего качества. Пыльцевое зерно прорастает лишь одной пыльцевой трубкой. Пыльцевое зерно состоит из внутренней тонкой оболочки – интины и внешней более толстой и плотной – экзины. Тип пыльцевых зерен однобороздчатый, форма округлая, размер 50-60 микромикрон. Размер пыльцевых зерен обеспечивает их свободный перенос ветром (рис.5) [16], [17].

Проведенные нами исследования показали, что начало цветения у льна многолетнего 01.06, массовое цветение 10.06, конец 01.08. Продолжительность цветения, у одного цветка двое-трое суток. Масса 1000 семян – 1,6 г, окраска

семян темно-коричневая, форма яйцевидная (рис. 6). В 1 г содержится до 760 семян. Проведенная оценка сорта, показала, что семенная продуктивность составляет от 5,5 до 6 г семян с растения.

После сбора семян у льна многолетнего срезается надземная часть растения до прикорневой розетки. Выращивать лен многолетний на одном месте целесообразно в течение четырех - пяти лет. В дальнейшем он теряет свою декоративность и посадки рекомендуется обновлять.

Растение достаточно засухоустойчиво, но при отсутствии влаги его необходимо поливать, совмещая с подкормками, весенняя подкормка (фаза отрастания) азотными удобрениями, перед цветением комплексным удобрением. Удаление сорняков и периодическое рыхление почвы. Сорт зимостоек. Растения хорошо развиваются в климатических условиях Нечерноземья. Рекомендуемое расстояние при групповой посадке в грунт – 30x30 см.

Болезнями и вредителями поражается редко. Но при неправильном уходе и чрезмерном увлажнении грунта есть опасность появления на листьях антракноза, фузариоза, побурение стеблей и листьев. Из вредителей очень редко встречаются льняная блошка, совка-гамма, льняная плодоярка и льняной долгоносик.

#### Заключение

При создании долговременных цветников широко используются многолетники, обладающие эко-

логической пластичностью, продолжительным декоративным эффектом, к тому же их культивирование является менее трудоемким, чем однолетних видов. В результате многократных селекционных отборов из иностранного сорта, выведен образец льна многолетнего Л-22, который под названием «Блюз» планируется передать в ГСИ. Данный сортообразец по декоративным признакам, превосходит исходную форму, взятую за стандарт. Он рекомендован к использованию в декоративных целях, иде-

ально подходит для украшения садовых дорожек и цветочных стенок. Используется для оформления клумб, миксбордеров. Можно использовать в срезке. В период цветения смотрится очень эффектно из-за ярко-голубой окраски цветков.

Основные достоинства сорта – стойкость окраски цветков при выгорании на солнце, устойчивость к болезням и вредителям, высокая семенная продуктивность, большое количество цветков на растении.

#### Об авторах:

**Лариса Михайловна Шило** – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лаб. зеленых, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0001-5857-3555>, автор для переписки, [shilo@yandex.ru](mailto:shilo@yandex.ru)

**Леся Владимировна Беспалько** – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лаб. зеленых, пряно-вкусовых и цветочных культур, [lesa0501@mail.ru](mailto:lesa0501@mail.ru)

#### About the Authors:

**Larisa M. Shilo** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Laboratory Breeding And Seed Green and Spicy Plants, <https://orcid.org/0000-0001-5857-3555>, Correspondence Author, [shilo@yandex.ru](mailto:shilo@yandex.ru)

**Lesya V. Bepalko** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Laboratory Breeding And Seed Green and Spicy Plants, [lesa0501@mail.ru](mailto:lesa0501@mail.ru)

#### • Литература

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лен\\_многолетний](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лен_многолетний)
- Рандушка Д., Шомшак Л., Габорова И. Цветовой атлас растений. Пер. со словац. Рулина Е., Рябченко В. Братислава: Обзор, 1990. 411 с. (Картинки природы). ISBN 80-215-0068-9
- Биологическая энциклопедия. Семейство льновые (linaceae).
- Хессайон Д.Г. Все об альпинарии и водоеме в саду. М., 1999. С.34-35.
- Аксенова Е.С., Аксенова Н.А. Энциклопедия природы России. Декоративные растения. Том 1. М.:1997. 608 с.
- Кудрявец Д.Б., Петренко Н.А. Атлас декоративных растений. Однолетники, двулетники, многолетники семенного размножения. М.: КРОН-ПРЕСС. 1996. 127 с.
- [https://wiki-dacha.ru/lyon-posadka-i-uhod/Linum\\_perenne](https://wiki-dacha.ru/lyon-posadka-i-uhod/Linum_perenne).
- Разделова С.Ю. Все о лекарственных растениях на ваших грядках. СПб.: ООО «СЗКЭО», 2010. С.178-224. ISBN 978-5-9603-0124-4.
- Лунина Н.М. Многолетние цветы. М.: Издательский Дом МСП, 2006. С.116-117.
- Tork D.G., Anderson N.O., Wyse D.L., Betts K.J. Perennial Flax: A Potential Cut Flower Crop. *HortScience*. 2022;57(2):221-230. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16098-21>
- Туленкова А.Г. Селекция и семеноводство овощных культур. *Цветоводство*. М. - 1970. С.110-111.
- Дрягина И.В., Бурлуцкая Л.В., Кудрявец Д.Б., Фоменко Н.Н., Левко Г.Д. Методические рекомендации по элитному семеноводству цветочных культур – горошка душистого (*Lathyrus odoratus* L.), настурции (*Tropaeolum majus* L.), василька синего (*Centaurea cyanus* L.), фиалки Витрокка (*Viola Wittrokiana* Gerns.), маргаритки (*Bellis perennis* L.), незабудки (*Myosotis silvatica* Hoffm.), люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) в условиях Нечерноземной зоны России. М., 2005. 73 с.
- Кудрявец Д.Б., Петренко Н.А. Как вырастить цветы. М.: Просвещение, 1993. С.7-24.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2011. 351 с.
- Танчев С.С. Антоцианы в плодах и овощах. М., 1980. С.243.
- Дрягина И.В., Кудрявец Д.Б. Селекция и семеноводство цветочных культур. М., 1986. С.7-23.
- Новиков В. С., Губанов И. А. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения. М.: Дрофа, 2008. 415 с.

#### • References

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Long-term\\_flax](https://ru.wikipedia.org/wiki/Long-term_flax)
- Randushka D., Shomshak L., Gaberova I. Color atlas of plants. Bratislava: Review, 1990. P.314-315. (Pictures of nature).
- Biological encyclopedia. Flax family (*Linaceae*). (In Russ.)
- Hession D.G. All about the rock garden and the reservoir in the garden. Moscow, 1999. P.34-35.
- Aksenova E.S., Aksenova N.A. Encyclopedia of the nature of Russia. Decorative plants. Volume 1. M.: 1997. 608 p. (In Russ.)
- Kudryavets D.B., Petrenko N.A. Atlas of ornamental plants. Annuals, biennials, perennials seed propagation. M.: KRON-PRESS. 1996. 127 p. (In Russ.)
- [https://wiki-dacha.ru/lyon-posadka-i-uhod/Linum\\_perenne](https://wiki-dacha.ru/lyon-posadka-i-uhod/Linum_perenne).
- All about medicinal plants in your beds / Ed. Razdelova S.Yu.. St. Petersburg: LLC "SZKEO", 2010. P.178-224. ISBN 978-5-9603-0124-4. (In Russ.)
- Lunina N.M. Perennial flowers. M., 2006. P.116-117. (In Russ.)
- Tork D.G., Anderson N.O., Wyse D.L., Betts K.J. Perennial Flax: A Potential Cut Flower Crop. *HortScience*. 2022;57(2):221-230. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16098-21>
- Tulenkova A.G. Selection and seed production of vegetable crops. *Floriculture*. M. 1970. P.110-111. (In Russ.)
- Dryagina I.V., Burlutskaya L.V., Kudryavets D.B., Fomenko N.N., Levko G.D. Guidelines for the elite seed production of flower crops - sweet pea (*Lathyrus odoratus* L.), nasturtium (*Tropaeolum majus* L.), blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.), Vitrokk violets (*Viola Wittrokiana* Gerns.), daisies (*Bellis perennis* L.), forget-me-nots (*Myosotis silvatica* Hoffm.), multi-leaved lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in the conditions of the Nonchernozem zone of Russia. M. 2005. 73 p. (In Russ.)
- Kudryavets D.B., Petrenko N.A. How to grow flowers. M.: Enlightenment, 1993. P.7-24. (In Russ.)
- Dpspekhov B.A. Methods of field experience: (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2011. 351 p. (In Russ.)
- Tanchev S.S. Anthocyanins in fruits and vegetables. Moscow. 1980. P.243.
- Dryagina I.V., Kudryavets D.B. Selection and seed production of flower crops. M.-1986. P.7-23. (In Russ.)
- Novikov V.S., Gubanov I.A. Popular atlas-determinant. Wild plants. stereotype. M.: Bustard, 2008. 415 p. (In Russ.)

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-36-40>  
УДК 635.611-02:631.526.323(470.45)

М.С. Корнилова\*, Н.Б. Рябчикова

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: BBSOS@yandex.ru

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

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

**Для цитирования:** Корнилова М.С., Рябчикова Н.Б. Оценка сортов образцов дыни по ценным хозяйственным признакам в условиях Волгоградского Заволжья. Овощи России. 2023;(3):36-40. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-36-40>

**Поступила в редакцию:** 24.04.2023

**Принята к печати:** 29.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

María S. Kornilova\*, Natalya B. Ryabchikova

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

\*Correspondence Author: BBSOS@yandex.ru

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

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

**For citations:** Kornilova M.S., Ryabchikova N.B. Evaluation of melon varieties by valuable economic characteristics in the conditions of the Volgograd Volga Region. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):36-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-36-40>

**Received:** 27.02.2023

**Accepted for publication:** 14.03.2023

**Published:** 09.06.2023

# Оценка сортов образцов дыни по ценным хозяйственным признакам в условиях Волгоградского Заволжья



## Резюме

**Актуальность.** Основным направлением селекции дыни Быковской БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО является создание сортов с ценными хозяйственными признаками, особенно с устойчивостью к био- и абио- факторам среды. Для удовлетворения потребностей товаропроизводителей и населения необходимы сорта не только с высокой урожайностью, но и привлекательным внешним видом, хорошими вкусовыми качествами. Очень важны: насыщенная окраска фона коры, пропорциональная форма плода и сладкая сочная мякоть.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2020–2022 годах на Быковской БСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО. Объект исследований – сорта образцы дыни, созданные за последние пять лет. В качестве стандарта использовался сорт Осень. Основным методом селекционной работы с дыней является межсортовая гибридизация с последующим индивидуальным отбором.

**Результаты.** Дана оценка сорта образцам дыни по ценными хозяйственным признакам, были выделены 6 лучших сорта образцов в сравнении со стандартом. По урожайности выделились два сорта образца (16,3 т/га и 17,3 т/га); по содержанию сухого вещества два сорта образца (19%); по крупноплодности 1 сорта образец (6,0 кг); по яркой окраске фона коры один образец (ярко жёлтая).

**Ключевые слова:** дыня, сорта образцы, оценка, урожайность, сухое вещество, крупноплодность, окраска коры

# Evaluation of melon varieties by valuable economic characteristics in the conditions of the Volgograd Volga Region

## Abstract

**Relevance.** The main direction of breeding melon Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the FSBSI FSVC is the creation of varieties with valuable economic characteristics, especially with resistance to bio- and abiotic environmental factors. To meet the needs of commodity producers and the population, varieties are needed not only with high yields, but also attractive appearance, good taste qualities. Very important: the rich color of the bark background, the proportional shape of the fruit and the sweet juicy pulp.

**Materials and methods.** The research was carried out in 2020–2022 at the Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the FSBSI FSVC. The object of research is melon varieties created over the past five years. The Osen variety was used as a standard. The main method of selection work with melon is intervarietal hybridization followed by individual selection.

**Results.** Melon varieties were evaluated according to valuable economic characteristics, 6 best varieties were identified in comparison with the standard. In terms of yield, 2 varieties were distinguished (16.3 t/ha and 17.3 t/ha); in terms of dry matter content, 2 varieties (19%); in terms of large-fruited 1 variety (6.0 kg); in terms of the bright color of the bark background, 1 sample (bright yellow).

**Keywords:** melon, cultivars, evaluation, yield, dry matter, large fruit, bark coloring

## Введение

Основные вопросы, на которых сегодня сосредоточена селекция – это полноценное питание людей и их здоровье. Значительный процент среди сельскохозяйственных культур в России составляют представители семейства Тыквенные – Cucurbitaceae [1].

Бахчеводство – общепринятая сфера сельского хозяйства для юга Российской Федерации. Каждый год площадь, занимаемая бахчевыми культурами в РФ, представляет более 150 тыс. га [2].

На обширной территории России бахчеводство зародилось давным-давно. Предполагают, что в VII-VIII вв. бахчеводство начало развиваться в районе Астрахани, перенесённое турко - татарскими народами. Промышленное бахчеводство зародилось у нас в стране во второй половине 19 века. Базы были заложены в селе Быково сначала 70 - х годов XIX в.

Обобщенные данные показывают, что в 2020 году в Иране, Китае, Испании и США были зарегистрированы серьезные фузариозные заболевания дыни, вызвавшие потери урожая до 80% [3]. Глобальные потери от настоящей мучнистой росы составляют от 20 до 100% в зависимости от почвенно-климатических условий, вирулентности и агрессивности расы патогена, а также восприимчивости культур и сортов [4].

Главнейшими проблемами и селекционными направлениями по овощным и бахчевым культурам остаются следующие: устойчивость к болезням и вредителям, скороспелость и холодостойкость, качество продукции, что принципиально важно, принимая во внимание требования рынка. Беря во внимание великое разнообразие условий произрастания, решающее значение в обеспечении устойчивой урожайности и качества продукции имеет также увеличение засухо-, жаро-, морозостойкости сортов [5].

Одним из главных причин увеличения урожайности и роста количества производимой продукции в сельском хозяйстве является развитие селекции и семеноводства. При долгосрочном использовании семян районированных сортов с высокими качественными сортовыми и посевными показателями, урожайность возделываемых культур увеличивается в среднем до двадцати пяти процентов [6].

По рекомендациям Министерства здравоохранения РФ, норма употребления бахчевых культур обязана составлять 15 кг в год на человека, в 2020 году этот показатель составил 12,1 кг.

Дыня одна из древних бахчевых культур, обширно распространенных в почти всех странах мира. Высоко ценится за свои питательные, диетические и лечебные характеристики. В плодах дыни содержание сахаров превышает 15%, соответствующий минерально-витаминный комплекс включает витамины А, С, РР, В12, магний, фосфор, кальций, медь, железо, кобальт, фолиевую кислоту. Сок дыни благотворно оказывает влияние при депрессии, успокаивает нервную систему [7].

Основой для увеличения продуктивности посевов дыни, получения высокого стабильного урожая является выбор сорта, соответствующий его потребительскому спросу и который, в отличие от гибридов, обладает высокой пластичностью, даёт приемлемый урожай, не зависимо от погод-

ных условий, имеет устойчивые морфологические и биологические признаки. Долевое участие сортов дыни в посевных площадях в РФ составляет до 60-70% [8].

Из-за селекции происходит расширение зон возделывания данной культуры, потому что новые сорта дыни более приспособлены к возделыванию в разных регионах России, могут использоваться для выращивания, как на приусадебных участках, так и в промышленном бахчеводстве для удовлетворения спроса потребителя на любой вкус [9].

Сорта дыни отличаются по форме плода, вкусовым качествам, содержанию сахаров, консистенции, толщине и расцветке мякоти [10].

Толщина мякоти плода разнообразна и зависит от сорта. Данный признак имеет существенное значение для потребителей продукции, потому что положительно коррелирует с выходом съедобной доли плодов дыни и размером семенного гнезда: чем толще мякоть, тем меньше семенное гнездо и напротив [11].

## Материалы и методы

Исследования проводили с использованием существующих методик, рекомендаций, стандартов [12, 13, 14, 15, 16, 17] и современных приборов: плазменного фотометра, рефрактометра, микроскопа и др.

Основным методом селекционной работы с дыней является межсортовая гибридизация с последующим индивидуальным отбором.

## Место проведения исследований

Научные исследования проводили в 2020-2022 годах на Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО в условиях Волгоградского Заволжья. Агротехника общепринятая для выращивания бахчевых культур. Посев проведён вручную. Площадь питания одного растения 2 кв. м. Во время вегетации были проведены три междурядные обработки и три ручные прополки в рядках. Уборку дыни проводили по мере созревания плодов. Своевременная обработка растений ядами при цветении, избавили плоды от дынной мухи.

## Метеорологические условия проведения исследований

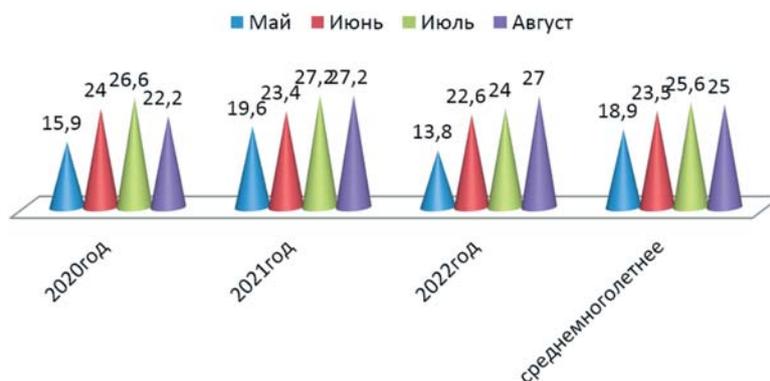
Метеорологические условия вегетационного периода 2020 - 2022 годов складывались следующим образом.

## Осадки, мм, 2020-2022 годы



**Рис. 1. Количество осадков за вегетационный период, мм, 2020-2022 годы**  
**Fig. 1. The amount of precipitation during the growing season, mm, 2020-2022**

## Температура , °С, 2020-2022 годы



**Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период, °С за 2020 -2022 годы**  
**Fig. 2. Average monthly air temperature for the growing season, °C, 2020-2022**

Погодные условия в течение трехлетнего периода исследований были неординарными. (рис.1, рис. 2). Наиболее благоприятные погодные условия сложились в 2021 году, когда обильные осадки в мае способствовали ранним и быстрым всходам, что в последствии отразилось на урожайности. В 2022 году ограниченные весенние осадки задержали рост и развитие растений.

### Результаты исследований

В селекционном питомнике в 2020-2022 годах проводили отбор из популяций исходного материала наиболее ценных растений, выровненных по хозяйственным признакам.

При отборах селекционные семьи оценивали по биологическим признакам, урожайности, качеству урожая, устойчивости к болезням, срокам созревания, противо-

стоянию к растрескиванию и солнечным ожогам. Изучалось 11 сортообразцов. За стандарт взят сорт Осень.

В результате проведенных трёхлетних исследований все изучаемые образцы имели хорошие показатели (табл. 1, 2). Но самая высокая и стабильная урожайность наблюдалась у сортообразцов 518 (в среднем 16, 3 т/га) и 714 (17,3 т/га), а сортообразец 714 выделялся еще и по крупноплодности, вес крупных плодов составлял 6,0 кг. По сухому веществу выделились сортообразец 655 и сортообразец 378 в индивидуально отобранных плодах его содержание достигает 19,0%, также данные образцы имеют сочную тающую сладкую мякоть. Самую яркую насыщенно жёлтую окраску фона коры в сравнении со всеми изученными сортообразцами имели сортообразец 688 и сортообразец 378.

**Таблица 1. Лучшие по основным хозяйственным признакам сортообразцы дыни в среднем за 3 года исследований**  
**Table 1. Melon varieties are the best in terms of the main economic characteristics on average for 3 years of research**

№ п/п	Наименование образцов	Срок созревания, сут.	Средняя урожайность, т/га	Масса отобранных плодов, кг
1	Осень - стандарт	81	15,0	2,5 -3,0
2	Сортообразец 486	88	15,7	1,0 – 3,4
3	Сортообразец 518	85	16,3	2,0 – 5,0
4	Сортообразец 655	75	15,5	1,6 – 3,2
5	Сортообразец 688	68	15,0	2,2 – 5,0
6	Сортообразец 585	82	13,7	2,2 – 3,6
7	Сортообразец 593	85	14,5	2,8 – 5,0
8	Сортообразец 706	85	15,0	2,0 – 5,0
9	Сортообразец 595	88	15,0	2,0 – 4,4
10	Сортообразец 378	75	14,6	2,0 – 3,4
11	Сортообразец 565	70	13,7	2,0 – 3,0
12	Сортообразец 714	68	17,3	3,0 – 6,0
	НСР <sub>05</sub>		0,35	

Таблица 2. Характеристика плода лучших семей селекционного питомника, 2020-2022 годы  
Table 2. Characteristics of the fruit of the best breeding nursery families, 2020-2022

№ п/п	Наименование образца	Форма плода	Окраска коры	Поверхность плода	Сетка	Консистенция мякоти	Окраска мякоти	Сухое вещество, %	Плацент, шт.	Цвет семян
1	Осень - стандарт	шаровидная	жёлто-зелёная	слабосегментированная	сплошная	картофельная	бело-зелёная	15,0-18,0	3	жёлтые
2	Сортообразец 486	шаровидная	грязно-жёлтая	слабосегментированная	сплошная	картофельная	белая	13,0-17,0	3	слоновая кость
3	Сортообразец 518	овальная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	средне плотная	белая	14,0-16,0	3	слоновая кость
4	Сортообразец 655	шаровидная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	средне плотная	белая	14,0-19,0	3	белые
5	Сортообразец 688	шаровидная	ярко-жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	13,0-17,0	3	слоновая кость
6	Сортообразец 585	коротко овальная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	13,0-18,0	3	белые
7	Сортообразец 593	округлая	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	13,0-16,0	3	слоновая кость
8	Сортообразец 706	округлая	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	13,0-18,0	3	белые
9	Сортообразец 595	коротко - овальная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	13,0-17,0	3	слоновая кость
10	Сортообразец 378	округлая	ярко-жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	белая	14,0-19,0	3	слоновая кость
11	Сортообразец 565	коротко-овальная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная	среднеплотная	светло-зелёная	14,0-17,0	3	белая
12	Сортообразец 714	коротко-овальная	жёлтая	слабосегментированная	сплошная, элементы сетки	среднеплотная	белая	14,0-18,0	3	слоновая кость

### Характеристики перспективных сортообразцов

Сортообразец 518 – среднего срока созревания. Плоды овальной формы. Окраска фона плода жёлтая. Поверхность сетка сплошная, элементы сетки, слабосегментированная. Мякоть белая, консистенция среднеплотная. Масса плодов – 2,0–5,0 кг. Содержание сухого вещества в соке плода – 14,0–16,0%. Сортообразец выделился высокой урожайностью – 16,3 т/га.

Фото Сортообразец 655 – среднего срока созревания. Плоды имеют шаровидную форму. Окраска фона плода жёлтая, без рисунка. Поверхность слабосегментированная, сетка сплошная. Мякоть белая, консистенция среднеплотная. Масса отобранных плодов – 1,6–3,2 кг. Содержание сухого вещества в соке плода – 14,0–19,0%. Урожайность – 15,5 т/га. Образец выделился хорошими вкусовыми качествами, привлекательный внешний вид.

Сортообразец 378 – среднего срока созревания. Плоды имеют шаровидную форму. Окраска фона коры ярко жёлтая, рисунка нет. Поверхность слабосегментированная, сетка сплошная, несвязанная. Мякоть белая, консистенция картофельная. Масса отобранных плодов – 2,0–3,4 кг. Содержание сухого вещества в соке плодов – 14,0–19,0%. Урожайность – 14,6 т/га. Образец имеет не только насыщенно яркую окраску фона коры и высокое содержание сухого вещества, но и хорошие вкусовые качества.

Фото Сортообразец 714 – раннего срока созревания. Плоды имеют коротко овальную форму. Окраска фона коры ярко жёлтая, рисунка нет. Поверхность слабосегментированная, от элементов сетки до сплошной. Мякоть белая, консистенция среднеплотная, хрустящая. Масса отобран-

ных плодов – 3,0–6,0 кг. Содержание сухого вещества – 13,0–18,0%. Урожайность – 17,3. Сортообразец выделился крупноплодностью и хорошей транспортабельностью. Плоды устойчивы растрескиванию (при перепадах температур) и солнечным ожогам.

Фото Сортообразец 688 – раннего срока созревания. Плоды имеют шаровидную форму. Окраска фона коры ярко-жёлтая, рисунка нет. Поверхность слабосегментированная, сетка сплошная. Мякоть белая, консистенция среднеплотная, нежная, сочная. Масса отобранных плодов – 2,0–5,0 кг. Содержание сухого вещества – 13,0–17,0%. Урожайность – 15,0 т/га. Сортообразец выделился привлекательным внешним видом с яркой окраской фона коры и главная особенность очень маленькая семенная камера, толстая сочная мякоть, что очень ценится товаропроизводителями.

### Заключение

Сравнительная оценка новых сортообразцов дыни показала достаточно высокий потенциал селекционной работы. Использование новых перспективных сортообразцов дыни в товарном бахчеводстве позволит значительно увеличить период потребления дыни в свежем виде, повысить эффективность отрасли и минимизировать затраты на производство бахчевой продукции. На основании проведенных исследований анализ сортообразцов показал их перспективность для использования в создании новых сортов дыни, урожайных, устойчивых к био- и абиотическим факторам среды, которые позволят расширить сортимент данной культуры и повысить её эффективность.

## Об авторах:

**Мария Сергеевна Корнилова** – научный сотрудник отдела селекции,  
<https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>,  
 автор для переписки, BBSOS@yandex.ru

**Наталья Борисовна Рябчикова** – научный сотрудник  
 отдела агротехники и первичного семеноводства,  
<https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>

## About the Authors:

**Maria S. Kornilova** – Researcher of the Selection Department,  
<https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>,  
 Correspondence Author, BBSOS@yandex.ru

**Natalya B. Ryabchikova** – Researcher of the Department of Agricultural  
 Technology and Primary Seed Production,  
<https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>

## • Литература

1. Шмыкова Н.А., Химич Г.А., Коротцева И.Б., Домблидес Е.А. Перспективы получения удвоенных гаплоидов растений семейства *Cucurbitaceae*. *Овощи России*. 2015;(3-4):28-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-28-31>. EDN UGKWUL.
2. Литвинов С.С., Быковский Ю.А. Бахчеводство: стратегия и перспективы развития. *Картофель и овощи*. 2013;(5):2-5. EDN QIWTZJ.
3. El – Naggar M.A., El – Deeb M.H., Seham S. Ragap. Applied approach for controlling powdery mildew disease of cucumber under plastic houses. *Pak. J. Agril. Eng. Vet. Sci.* 2012;(28):54-64.
4. Zink F.W., Gubler W.D. Inheritance of resistance in muskmelon to Fusarium wilt. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 2021;(10):600-604.
5. Жученко А.А. Роль и перспективы адаптивной системы селекции, сортоиспытания и семеноводства. *Материалы 2-й научно-практической конференции*. М., ВНИИССОК, 2010. С. 12-66.
6. Монахов Г.Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы. *Картофель и овощи*. 2017;(1). <http://potatoveg.ru/glavnaya-tema/selekcija-i-pervichnoe-semenovodstvo-sostoyanie-i-perspektivy.html>
7. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лёжкость овощей. М., 2003. 452 с.
8. Быковский Ю.А., Емельянова Л.В., Никулина Т.М. Новые и перспективные сорта бахчевых культур. *Картофель и овощи*. 2016;(8):37-38. EDN WISBWD.
9. Малуева С.В., Никулина Т.М., Курунина Д.П., Корнилова М.С. Основные направления и результаты селекционной работы в бахчеводстве. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий. Волгоград. 2018. С. 233-238.
10. Емельянова Л.В., Варивода О.П., Вербитская О.Г. Селекция дыни на показатели качества и комплексную устойчивость к заболеваниям. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2015;(46):249-253. EDN U1XXWD.
11. Байбакова Н.Г., Варивода Е.А., Калебошина Т.Г. Характеристика нового сортообразца дыни селекции Быковской опытной станции. *Овощи России*. 2019;(5):42-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-42-45>. EDN CLOZGU.
12. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М: Россельхозакадемия, 2011.
13. Фурса Т.Б. Селекция бахчевых культур (Методические указания). Л. 1988.
14. Белик В.Ф. Бондаренко Г.Л. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М., 1979.
15. Дютин К.Е. Методические указания по селекции бахчевых культур. М. 1979.
16. Дютин К.Е. Лудилев В.А., Быковский Ю.А. Аprobация бахчевых культур (справочное пособие). М., 2007.
17. Прохоров И.А., Крючков А.В., Комиссаров В.А. Селекция и семеноводство овощных культур. М., «Колос», 1981.

## • References

1. Shmykova N.A., Khimich G.A., Korotseva I.B., Domblides E.A. Prospective of development of doubled haploid plants of *Cucurbitaceae* family. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(3-4):28-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-28-31>. EDN UGKWUL.
2. Litvinov S.S., Bykovskiy Yu.A. Watermelon growing: strategy and prospects of development. *Potato and vegetables*. 2013;(5):2-5. (In Russ.) EDN QIWTZJ.
3. El – Naggar M.A., El – Deeb M.H., Seham S. Ragap. Applied approach for controlling powdery mildew disease of cucumber under plastic houses. *Pak. J. Agril. Eng. Vet. Sci.* 2012;(28):54-64.
4. Zink F.W., Gubler W.D. Inheritance of resistance in muskmelon to Fusarium wilt. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 2021;(10):600-604.
5. Zhuchenko A.A. The role and prospects of the adaptive system of breeding, variety testing and seed production. *Materials of the 2nd scientific and practical conference*. M., VNISSOK, 2010. pp. 12-66. (In Russ.)
6. Monakhos G.F. Selection and primary seed production: status and prospects. *Potatoes and vegetables*. 2017;(2). (In Russ.) <http://potatoveg.ru/glavnaya-tema/selekcija-i-pervichnoe-semenovodstvo-sostoyanie-i-perspektivy.html>
7. Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanova A.V. The quality and keeping quality of vegetables. М., 2003. 452 p. (In Russ.)
8. Bykovskiy Yu.A., Emelyanova L.V., Nikulina T.M. New and promising varieties of melon crops. *Potato and vegetables*. 2016;(8):37-38. (In Russ.) EDN WISBWD.
9. Malueva S.V., Nikulina T.M., Kurunina D.P., Kornilova M.S. Main directions and results of selection work in melon breeding. *World scientific and technological trends in the socio-economic development of agriculture and rural areas*. Volgograd. 2018. pp. 233-238. (In Russ.)
10. Emelyanova L.V., Varivoda O.P., Verbitskaya O.G. Breeding of melon for quality and complex disease resistance. *Breeding and seed production of vegetable crops*. 2015;(46):249-253. (In Russ.) EDN U1XXWD.
11. Baibakova N.G., Varivoda E.A., Kaleboshina T.G. Characteristics of new population of melon breeding Bikovskaya experimental station. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(5):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-42-45>. EDN CLOZGU.
12. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M: Russian Agricultural Academy, 2011. (In Russ.)
13. Fursa T.B. Selection of melon crops (Guidelines). L., 1988. (In Russ.)
14. Belik V.F. Bondarenko G.L. Methodology of field experience in vegetable growing and melon growing. М., 1979. (In Russ.)
15. Dyutin K.E. Methodological guidelines for the selection of melon crops. М., 1979. (In Russ.)
16. Dyutin K.E. Ludilov V.A., Bykovskiy Yu.A. Approbation of melon crops (reference manual). М., 2007. (In Russ.)
17. Prokhorov I.A., Kryuchkov A.V., Komissarov V.A. Selection and seed production of vegetable crops. М., "Kolos", 1981. (In Russ.)

## Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-41-49>  
УДК 635.1/.7:551.583

А.Ф. Бухаров\*,  
А.Ю. Федосов,  
М.И. Иванова

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

\*Адрес для переписки: [afb56@mail.ru](mailto:afb56@mail.ru)

**Вклад авторов:** Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

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

**Для цитирования:** Бухаров А.Ф., Федосов А.Ю., Иванова М.И. Воздействие на овощеводство изменений климата и способы их преодоления. Овощи России. 2023;(3):41-49.  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-41-49>

**Поступила в редакцию:** 03.05.2023

**Принята к печати:** 16.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Alexander F. Bukharov\*,  
Alexander Yu. Fedosov,  
Maria I. Ivanova

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

\*Correspondence: [afb56@mail.ru](mailto:afb56@mail.ru)

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

**Authors' Contribution:** All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

**For citations:** Bukharov A.F., Fedosov A.Yu., Ivanova M.I. Impacts of climate change on vegetable production and ways to overcome them. Vegetable crops of Russia. 2023;(3):41-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-41-49>

**Received:** 03.05.2023

**Accepted for publication:** 16.05.2023

**Published:** 09.06.2023

# Воздействие на овощеводство изменений климата и способы их преодоления



## Резюме

В обеспечении продовольственной безопасности и питания овощи играют ключевую роль, поскольку продовольственная система переходит от количества продовольствия к качеству рациона и пользе для здоровья. Одной из основных причин низкого производства и снижения средней урожайности большинства овощных культур является изменение климата. Важными ограничивающими факторами в поддержании и повышении урожайности овощных культур являются повышение температуры, снижение доступности воды для орошения, наводнения и засоление. В условиях меняющихся климатических условий неурожаи, снижение качества и рост проблем с вредителями и болезнями становятся обычными явлениями и делают производство овощей низкорентабельным. Поскольку многие физиологические процессы и активность ферментов зависят от температуры, они будут в значительной степени затронуты. Засуха и засоление являются двумя важными последствиями повышения температуры, ухудшающими урожайность овощных культур. Эти последствия изменения климата также влияют на появление вредителей и болезней, взаимодействие хозяина и патогена, распространение и экологию насекомых, время появления, миграцию в новые места и их способность к зимовке, что становится серьезным препятствием для выращивания овощных культур. Для смягчения неблагоприятного воздействия климатических изменений на продуктивность и качество овощных культур необходимо разработать рациональные стратегии адаптации. Акцент должен быть сделан на развитии производственных систем, повышающих эффективность использования воды, адаптированных к жарким и сухим условиям. Технологические приемы, такие как мульчирование растительными остатками и пластиковыми материалами, помогают сохранить влажность почвы. Чрезмерная влажность почвы из-за проливных дождей становится серьезной проблемой, которую можно решить, выращивая культуры на приподнятых грядках. Эффективным способом решения этих проблем является создание генотипов, устойчивых к высоким температурам, влаге, засолению и устойчивости к климатическим условиям, с помощью традиционных и нетрадиционных методов селекции, геномики, биотехнологии и др.

**Ключевые слова:** абиотические факторы; приспособление; изменение климата; производительность; овощные культуры

# Impacts of climate change on vegetable production and ways to overcome them

## Abstract

Vegetables play a key role in food security and nutrition as the food system shifts from food quantity to dietary quality and health benefits. One of the main reasons for the low production and declining average yields of most vegetable crops is climate change. Important limiting factors in maintaining and increasing vegetable crop yields are rising temperatures, reduced water availability for irrigation, flooding and salinity. Under changing climatic conditions, crop failures, declining quality and increasing pest and disease problems are becoming commonplace and making vegetable production unprofitable. Since many physiological processes and enzyme activity are temperature dependent, they will be greatly affected. Drought and salinity are two important effects of rising temperatures that reduce vegetable crop yields. These impacts of climate change also affect the emergence of pests and diseases, host-pathogen interactions, distribution and ecology of insects, timing of emergence, migration to new locations, and their ability to overwinter, all of which become a major barrier to vegetable production. To mitigate the adverse effects of climate change on the productivity and quality of vegetable crops, sound adaptation strategies need to be developed. Emphasis should be placed on the development of production systems that improve water efficiency and are adapted to hot and dry conditions. Technological practices, such as mulching with crop residues and plastic materials, help maintain soil moisture. Excessive soil moisture due to heavy rains becomes a serious problem that can be solved by growing crops in raised beds. An effective way to solve these problems is to create genotypes that are resistant to high temperatures, moisture, salinity and resistance to climatic conditions, using traditional and non-traditional breeding methods, genomics, biotechnology, etc.

**Keywords:** abiotic factors; fixture; changing of the climate; performance; vegetable crops

**Введение**

Термин «овощ» в самом широком смысле относится к любому виду растительной жизни или растительного продукта. В более узком смысле это относится к свежей съедобной части травянистого растения, употребляемой в сыром или приготовленном виде. Овощи являются богатым источником витаминов, углеводов, солей и белков. Они являются лучшими ресурсами для преодоления дефицита питательных микроэлементов и обеспечивают мелким фермерам гораздо более высокий доход и больше рабочих мест на гектар, чем основные сельскохозяйственные культуры. Увеличение производства и потребления овощей – это очевидный путь улучшения разнообразия и качества питания, особенно в регионах, в которых преобладают высококалорийные продукты с низким содержанием питательных микроэлементов. Однако овощные культуры, как правило, чувствительны к экстремальным условиям окружающей среды. Поэтому высокие температуры и ограниченная влажность почвы являются основными причинами низких урожаев, поскольку они сильно влияют на физиологические и биохимические процессы, снижая фотосинтетическую активность, изменяя метаболизм и ферментативную активность, эффективность опыления и завязывания плодов, вызывая термическое повреждение тканей, и т. д.

Изменение климата может быть трансформацией средних значений различных показателей, таких как температура, осадки, относительная влажность, состав атмосферных газов и других параметров в течение длительного периода и на большей географической территории. Это связано с любыми вновь появившимися и часто повторяющимися погодными явлениями, будь то из-за естественной изменчивости или из-за деятельности человека. Уязвимость и устойчивость любых биологических систем к изменению климата – это степень их восприимчивости, способности активно реагировать, выживать и размножаться при неблагоприятных последствиях изменения климата. Концепция риска сочетает в себе масштабы воздействия с вероятностью его возникновения, отражает неопределенность в основных процессах изменения климата, воздействий и адаптации.

Анализ модели изменения климатических параметров, таких как повышение температуры атмосферы, изменения характера осадков, избыточного УФ-излучения подтверждает более высокую вероятность и частоту возникновения в будущем экстремальных погодных явлений, таких как засуха и наводнения, создают серьезные угрозы для производства овощей. Овощные культуры очень чувствительны к климатическим капризам, и резкое повышение температуры, а также нерегулярные осадки на любой фазе могут повлиять на рост, цветение, опыление, развитие плодов и как следствие снизить урожайность и качество продукции [1].

Изменение погодных условий, приводящее к изменению климата, поставило под угрозу производительность сельского хозяйства из-за высоких и низких температурных режимов и повышенной изменчивости осадков [2]. Изменение климата и его изменчивость создают серьезные проблемы, влияющие на

производительность сельского хозяйства, в том числе овощных культур. Сокращение производства овощей, вероятно, будет вызвано коротким вегетационным периодом, что окажет негативное влияние на рост и развитие растений, особенно из-за терминального теплового стресса и снижения доступности воды. Проблема изменения и изменчивости климата породила еще большую неопределенность и риски, наложив ограничения на системы производства овощей. В первую очередь пострадает богарное земледелие из-за изменчивости осадков и сокращения дождливых дней [3].

Изменение климата может привести к росту цен на овощные культуры. Более того, изменение климата способствует распространению патогенов и появлению новых штаммов насекомых-вредителей, а также грибных, бактериальных и вирусных заболеваний [4]. Предстоящие задачи заключаются в том, чтобы обеспечить устойчивость и конкурентоспособность, достичь целевого производства для удовлетворения растущих потребностей в условиях сокращающихся земельных и водных ресурсов и угрозы изменения климата, что требует климатически оптимизированных вмешательств в области овощеводства, которые сильно зависят от местоположения и требуют больших знаний для улучшения производства в сложных условиях [5]. Таким образом, цель настоящей статьи состоит в том, чтобы рассмотреть влияние изменения отдельных (наиболее важных) климатических факторов на производство овощей и методы управления ими.

**Влияние климатических изменений на производство овощей**

Овощные культуры, как и другие сельскохозяйственные культуры, чувствительны к изменчивости климата. Овощи, как правило, чувствительны к экстремальным условиям окружающей среды, и, таким образом, высокая температура является основной причиной низких урожаев и будет еще более усугубляться изменением климата. Повышение температуры, снижение доступности воды для орошения, затопление и засоление будут основными ограничивающими факторами в поддержании и повышении урожайности овощей. Глобальные климатические изменения, особенно неустойчивый характер осадков и непредсказуемые периоды высоких температур, снизят урожайность овощных культур. Факторы окружающей среды негативно влияют на урожайность томата [6]. Ухудшение погодных условий и изменения климата из-за повышения температуры, нерегулярных осадков, увеличения потребности в воде и роста заболеваемости должны повлиять на производство различных овощных культур. Осадки являются одним из наиболее важных факторов, влияющих на урожайность. Степень обеспеченности водой сильно влияет на урожайность и качество овощей; засушливые условия резко снижают урожайность овощей, и томат, в частности, считается одной из овощных культур, наиболее чувствительных к избытку воды [2]. Некоторые из важных экологических стрессов, влияющих на производство овощных культур, будут рассмотрены ниже.

### **Температура**

Колебания среднесуточной максимальной и минимальной температуры являются основным следствием изменения климата, которое неблагоприятно влияет на производство овощей, поскольку многие физиологические, биохимические и метаболические процессы растений зависят от температуры. Возникновение высокой температуры влияет на производство овощей в тропических и засушливых районах. Высокая температура вызывает значительное изменение морфологической, физиологической, биохимической и молекулярной реакции растения и, в свою очередь, влияет на рост, развитие и урожайность растения. Симптомы, вызывающие нарушение завязывания плодов при высоких температурах у томата, включают опадение бутонов, аномальное развитие цветков, плохое производство пыльцы, расхождение и жизнеспособность, аборт семязачатков и плохую жизнеспособность, снижение доступности углеводов и другие репродуктивные аномалии. Точно так же высокие температуры выше 25°C влияют на опыление и завязывание плодов у томата. Кроме того, высокая температура может привести к значительной потере продуктивности томата из-за снижения завязываемости плодов, а также более мелких, деформированных и низкокачественных плодов [7]. У перца воздействие высокой температуры на стадии перед цветением не влияло на жизнеспособность репродуктивной сферы, но после раскрытия цветка при опылении высокие температуры ингибировали завязывание плодов, что позволяет предположить, что процесс оплодотворения чувствителен к высокотемпературному стрессу [8]. Высокая температура вызывает опадение цветков, аборт семязачатков, плохое завязывание и опадение плодов перца чили, а также влияет на интенсивность развитие красной окраски созревших плодов перца чили [9].

Прорастание семян огурца и дыни сильно подавляется при 42...45°C, а у арбуза, тыквы, кабачка семена не прорастают [10]. Колебания температуры задерживают созревание плодов и снижают сладость дынь. Теплый влажный климат увеличивает вегетативный рост и приводит к плохому производству женских цветков у бахчевых культур, что приводит к снижению урожайности [11]. Высокая температура вызывает стеблевание капустных культур, что нежелательно, когда их выращивают на овощные цели [12].

### **Засуха**

Ожидается, что доступность воды будет очень важным элементом изменения климата в условиях повышения температуры. Экстремально высокая температура и серьезный водный дефицит в комплексе способны повлиять на урожайность всех сельскохозяйственных культур, но особенно овощных, товарные органы которых содержат большое количество (до 98%) влаги. Засуха является серьезной проблемой и основной причиной потери урожая во всем мире, снижая среднюю урожайность большинства сельскохозяйственных культур более чем на 50% [13]. Стресс от воздушной засухи или недостаточной влажности почвы может вызывать различные биохимические,

физиологические и генетические реакции у растений, которые сильно ограничивают рост сельскохозяйственных культур [14]. Преобладание засушливых условий в ранневесенний период отрицательно влияет на прорастание семян овощных культур, таких как лук, морковь, пастернак, петрушка, укроп. Условия засухи вызывают опадение цветков у томата. Сообщалось о снижении урожая более чем на 50% у томата из-за водного стресса на репродуктивной стадии [15]. Водный стресс на стадии цветения снижает фотосинтез и количество фотосинтетических ассимилятов, выделяемых генеративными органами. Стресс от засухи вызывает увеличение концентрации растворенных веществ в почве, что приводит к осмотическому оттоку воды из растительных клеток. Это приводит к повышенной потере воды растительными клетками и угнетению ряда физиологических и биохимических процессов, таких как фотосинтез, дыхание, что снижает продуктивность большинства овощных культур [16].

Помимо ингибирования скорости фотосинтеза за счет снижения устьичного воздухообмена и испарения [17], стресс от засухи также вызывает метаболические нарушения [18]. Фотосинтез и фотосинтетическая способность снижаются в условиях ограниченного количества воды. Кроме того, водный стресс снижает активности сахарозофосфатсинтазы (SPS) и инвертазы, которые влияют на доступность и использование сахарозы. Считается, что SPS играет важную роль в ресинтезе сахарозы и поддерживает ассимиляционный поток углерода от источника к развивающемуся органу [19]. Снижение активности инвертазы может повлиять на способность использовать сахарозу и привести к снижению роста пыльников и снижению концентрации гексоз [20].

### **Засоление**

Засоление представляет собой серьезную проблему, которая снижает рост и продуктивность овощных культур во многих районах, страдающих от избытка солей. Чрезмерное засоление почвы снижает продуктивность многих сельскохозяйственных культур, в том числе большинства овощных культур, которые особенно чувствительны на протяжении всего онтогенеза. С физиологической точки зрения засоление вызывает начальный дефицит воды, возникающий из-за относительно высоких концентраций растворенных веществ в почве, вызывает специфический ионный стресс, возникающий в результате изменения соотношения  $K^+/Na^+$ , и приводит к накоплению концентраций  $Na^+$  и  $Cl^-$ , что губительно для растений. Солевой стресс вызывает потерю тургора, замедление роста, увядание, опадение листьев, снижение фотосинтеза и дыхания, потерю клеточной целостности, некроз тканей и, наконец, гибель растения [21]. Лук чувствителен к засоленным почвам, а баклажан, перец и томат умеренно чувствительны к засоленным почвам [16]. Засоление вызывает значительное снижение процента прорастания и скорости прорастания семян, уменьшение скорости нарастания длины и массы корней и побегов у капусты [22].

Соленость снижает производство сухого вещества, площадь листьев, относительную скорость

роста и чистую скорость ассимиляции перца чили. Число плодов на растении больше зависит от засоления, чем от веса отдельных плодов [23]. Высокая концентрация соли вызывает снижение сырой и сухой массы всех тыквенных культур. Эти изменения связаны с уменьшением относительного содержания воды и общего содержания хлорофилла. Солевой стресс вызывает подавление роста и активности фотосинтеза, а также изменение проводимости устьиц, их количества и размера у растений фасоли. Он снижает транспирацию и водный потенциал клеток у растений фасоли, подверженных воздействию соли [24]. Известно, что высокий уровень засоления почвы и поливной воды влияет на многие физиологические и метаболические процессы, приводя к снижению роста клеток.

### **Наводнение**

Наводнение является еще одним важным абиотическим стрессом и вызывает серьезные проблемы для роста и урожайности овощных культур, которые обычно считаются культурами, восприимчивыми к наводнениям [25]. Возникновение условий затопления обычно вызывает дефицит кислорода ( $O_2$ ), который возникает из-за медленной диффузии газов в воде и потребления  $O_2$  микроорганизмами и корнями растений. Большинство овощных культур очень чувствительны к затоплению, и генетическая изменчивость в отношении этого признака ограничена, особенно у томата. В целом повреждение овощных растений затоплением связано с уменьшением кислорода в корневой зоне, что угнетает аэробные процессы. Растения томата, подвергнутые затоплению, накапливают эндогенный этилен, вызывающий повреждение растений [26]. Быстрый эпинастический рост листьев является характерной реакцией томата на заболоченные условия, при этом предполагается роль накопления этилена [27]. Тяжесть симптомов затопления увеличивается с повышением температуры; быстрое увядание и гибель растений томата обычно наблюдается после кратковременного затопления при высоких температурах [28]. Лук также чувствителен к затоплению в период развития луковицы с потерей урожая до 30-40%. Эти стрессы являются основной причиной потери урожая во всем мире более чем 50% растений, а реакция растений на стрессы окружающей среды зависит от стадии развития, продолжительности и тяжести стрессов [29].

Наводнение влияет на физиологию овощных растений. Одной из самых ранних физиологических реакций растений на затопление почвы является снижение устьичной проводимости [30]. Это вызывает увеличение водного потенциала листа, что приводит к значительному снижению скорости углеродного обмена и повышению внутренней концентрации  $CO_2$  [31]. Затопление негативно влияет на вегетативный и репродуктивный рост растений из-за пагубного воздействия на физиологическое функционирование [32]. У чувствительных сельскохозяйственных культур затопление вызывает хлороз листьев и снижает рост побегов и корней, накопление сухого вещества и общий урожай растений [33]. Наводнения могут

облегчить распространение патогенов, передающихся через воду, засухи и волны тепла могут предрасполагать растения к заражению, а штормы могут способствовать распространению спор ветром [34]. Относительно устойчивой к подтоплению считается свекла столовая [35].

### **Реакция вредителей и болезней на изменение климата**

Изменение климата также влияет на экологию и биологию насекомых-вредителей [36]. Повышение температуры у некоторых групп насекомых с коротким жизненным циклом, таких как тля и листовертка, увеличивает плодовитость, более раннее завершение жизненного цикла. Как следствие, они могут производить в течение года больше поколений, чем обычно. В отличие от этого, некоторым насекомым может потребоваться несколько лет, чтобы завершить свой жизненный цикл. Некоторые виды насекомых, которые обитают в почве на протяжении всего или некоторых этапов жизненного цикла, как правило, страдают больше, чем насекомые, живущие над поверхностью почвы, потому что почва обеспечивает изолирующую среду, которая будет иметь тенденцию амортизировать изменения температуры в большей степени, чем воздух. Повышение температуры вызывает миграцию видов насекомых в более высокие широты, в то время как в тропиках более высокие температуры могут отрицательно сказаться на некоторых видах насекомых. Высокая атмосферная температура увеличивает темпы развития насекомых и яйцекладки, массовых нашествий насекомых и интродукции инвазивных видов, одновременно снижая эффективность биологического контроля численности насекомых воздействием патогенных бактерий, грибов и хищных насекомых, снижая надежность экономических пороговых уровней, разнообразие насекомых в экосистемах и явление паразитизма [37].

Насекомые особенно чувствительны к температуре, поскольку они стенотермы (хладнокровные). Как правило, насекомые реагируют на более высокую температуру более быстрым развитием и меньшим временем между поколениями. Повышение температуры ускоряет развитие капустной личинки, луковой личинки, кукурузного мотылька европейского, колорадского жука [38]. Повышение температуры продляет период размножения и повышает репродуктивную способность. Исследования тлей и мотыльков показали, что повышение температуры может позволить насекомым быстрее достичь минимальной температуры, необходимой для полета, способствуя увеличению способности их к расселению [39]. Ускоренный метаболизм при более высоких температурах сокращает продолжительность диапаузы насекомых из-за более быстрого истощения запасов питательных веществ [40]. Потепление зимой может привести к задержке наступления, а раннее лето может привести к более быстрому завершению диапауз у насекомых, которые затем могут возобновить свой активный рост и развитие. Это позволяет сделать заключение о том, что повышение температуры зимой в диапазоне на 1-5°C повысит выживаемость

насекомых из-за низкой смертности, увеличит рост популяции, приведет к более раннему заражению и, как следствие, усилению повреждения урожая насекомыми-вредителями при моделировании сценарии глобального потепления [41].

Изменения температурного режима и режимов осадков в связи с изменением климата могут изменить стадию роста, скорость развития и патогенность инфекционных агентов, а также физиологию и устойчивость растения-хозяина [42]. Ожидается, что большой размер популяции и короткое время генерации патогенов растений сделают их первыми организмами, которые проявят последствия изменения климата. Ожидается, что в северных широтах воздействие фитопатогенов усилится с потеплением, поскольку низкие температуры и продолжительные зимы в настоящее время снижают выживаемость, число поколений в год, скорость размножения и активность большинства патогенов, поражающих сельскохозяйственные культуры в течение вегетационного периода [43]. Чувствительность к температуре и морозу влияет на распространение видов патогенов, поскольку независимо от их огромного диапазона хозяев почвенные патогены, такие как *Sclerotium rolfsii* и *Macrophomina phaseolina*, не встречаются в умеренном климате из-за их высокого температурного оптимума и чувствительности к морозу [44]. Высокие температуры обеспечивают более короткие циклы развития у патогенов, переносимых по воздуху, и увеличивают их выживаемость из-за уменьшения морозов [45]. Уменьшение продолжительности морозного периода и повышение средних минимальных температур предполагает устранение ограничивающего фактора, для такого патогена, как *Fusarium* [34].

### **Практики управления адаптацией к изменению климата**

#### **Методы управления культурой**

Акцент должен быть сделан на использовании рекомендуемых производственных систем для повышения эффективности водопользования и адаптации к жарким и засушливым условиям. Следует признать принципиально важным применение таких стратегий, как изменение сроков посева или посадки, для борьбы с вероятным повышением температуры и периодами водного стресса в течение вегетационного периода [46]. Изменение доз, соотношения элементов, форм и сроков, внесения удобрений, а также сочетания с регуляторами роста для повышения доступности питательных веществ и использование почвенных удобрений для повышения плодородия почвы и увеличения поглощения питательных веществ [47]. Обеспечение орошения во время критических стадий роста сельскохозяйственных культур и сохранение запасов влаги в почве являются наиболее важными мероприятиями [2]. Методы управления культурами, такие как мульчирование растительными остатками и пластиковая мульча, помогают сохранить влажность почвы. В некоторых случаях чрезмерная влажность почвы из-за проливных дождей становится серьезной проблемой, и ее можно решить, выращивая культуры на приподнятых

грядках [16]. Производство овощей можно было бы начать с использования прозрачных пластиковых навесов от дождя, что может уменьшить прямое воздействие на развивающиеся плоды, а также уменьшить заболачивание полей в сезон дождей. Посадка овощей на приподнятых грядках в сезон дождей повысит урожайность благодаря улучшенному дренажу, который снизит гипоксию корневой системы.

#### **Улучшение стрессоустойчивости за счет прививки**

Прививка овощей возникла в Восточной Азии в 20-м веке с целью уменьшения воздействия болезней, передаваемых через почву, таких как фузариозное увядание, которое влияет на производство овощей, таких как томат, баклажан и тыквенные [48]. В настоящее время прививка считается обычной практикой выращивания овощей в азиатских странах, таких как Япония, Корея и некоторые европейские страны, что является эффективной быстрой альтернативой относительно медленной методологии селекции, направленной на повышение устойчивости садовых культур к стрессу окружающей среды в целом и особенно овощных [49]. Прививка является одним из перспективных способов модификации корневой системы растения для повышения его устойчивости к различным абиотическим стрессам [50]. В овощных культурах привитые растения в настоящее время используются для повышения устойчивости к абиотическим стрессам, таким как низкие и высокие температуры, засуха, засоление и затопление, если используются соответствующие устойчивые подвои [51]. Из-за этих полезных эффектов прививки в последние годы увеличилось выращивание привитых растений таких культур, как томат, баклажан, перец и тыквенные (дыни, огурца, арбуза и тыквы) [52].

Прививка баклажана была начата в 1950-х годах, а затем огурца и томата в 1960-х и 1970-х годах. Дыни, привитые на гибридные подвои тыквы, были более солеустойчивыми, чем непривитые [53]. Однако устойчивость подвоев к соли сильно различается у разных видов, например, подвои *Cucurbita* spp. более устойчивы к соли, чем подвои *Lagenaria siceraria* [54]. Помимо защиты от затопления, некоторые генотипы баклажана устойчивы к засухе, поэтому подвои баклажана могут обеспечить защиту от ограниченного стресса от влажности почвы. Прививка чувствительного к температуре томата на более устойчивые сорта подвоя улучшает адаптацию растений к условиям теплового стресса. Привитые растения лучше развиваются в условиях теплового стресса, чем непривитые растения томата. Кроме того, баклажан (*S. melongena* сорта Yuanqie), привитый к жаростойкому подвою (сорт Nianmaoqie), привели к увеличению урожая плодов на 10% [55].

#### **Выращивание овощей, устойчивых к изменению климата**

Улучшенная, адаптированная зародышевая плазма овощей является наиболее рентабельным вариантом для фермеров, позволяющим решать проблемы, связанные с изменением климата [56]. Однако большинство современных сортов представляют собой ограниченную выборку доступной генетической изменчивости, включая устойчивость к стрессам окружающей среды. Выведение новых сортов, особенно для интен-

сивных систем производства с высокими затратами в развитых странах, в оптимальных условиях роста могло привести к встречному отбору признаков, которые способствовали бы адаптации или устойчивости к низким затратам и менее благоприятным условиям окружающей среды. Улучшенные сорта, адаптированные к более широкому диапазону климатических условий, могут появиться в результате открытия новых генетических вариаций устойчивости к различным биотическим и абиотическим стрессам. Генотипы с улучшенными признаками, обусловленными превосходными комбинациями аллелей в нескольких локусах, могут быть идентифицированы и усовершенствованы. Необходимы улучшенные методы селекции для выявления этих превосходных генотипов и связанных с ними признаков, особенно у диких родственных видов, которые растут в среде, не поддерживающей рост их одомашненных родственников, являющихся культивируемыми разновидностями. Растения, произрастающие в климате с выраженной сезонностью, способны легче акклиматизироваться к изменчивым условиям окружающей среды и дают возможность идентифицировать гены или комбинации генов, которые придают такую устойчивость.

Попытки улучшить солеустойчивость сельскохозяйственных культур с помощью традиционных программ селекции имеют очень ограниченный успех из-за генетической и физиологической сложности этого признака. Кроме того, толерантность к солевым условиям - это явление, регулируемое развитием и зависящее от стадии; толерантность на одной стадии развития растения не всегда коррелирует с толерантностью на других стадиях. Успех в селекции на солеустойчивость требует эффективных методов скрининга, наличия генетической изменчивости и способности передавать гены интересующим видам. Большинство коммерческих сортов томатов умеренно чувствительны к повышенной засоленности, и у культивируемых видов существуют лишь ограниченные вариации [57].

Генетическая изменчивость холодо- и солеустойчивости во время прорастания семян томата и перца выявлена у культивируемых и диких видов [58, 59]. Скрещивание между чувствительной к соли линией томата (UCT5) и солеустойчивым образцом *S. esculentum* (PI174263) показало, что способность семян томата быстро прорасти в условиях солевого стресса генетически контролируется с наследуемостью в узком смысле ( $h^2$ ) 0,75. Солеустойчивость во время прорастания семян у томата контролируется генами с аддитивными эффектами и может быть улучшена путем направленного фенотипического отбора [60]. Выяснение механизма солеустойчивости в разные периоды роста и интрогрессия генов солеустойчивости в овощных культурах ускорит создание сортов, способных выдерживать высокие или переменные уровни солёности, совместимые с различными производственными условиями.

### Биотехнология

Для повышения урожайности овощных культур в неблагоприятных условиях потребуются передовые технологии, дополняющие традиционные методы, которые зачастую не способны предотвратить потери

урожая из-за экологических стрессов. Были открыты гены и поняты функции генов. Это открыло путь к генетическим манипуляциям с генами, связанными с устойчивостью к стрессам окружающей среды. Эти инструменты обещают более быструю и потенциально впечатляющую отдачу, но требуют больших инвестиций. Многие виды деятельности с использованием этих генетических и молекулярных инструментов осуществляются с определенным успехом. Анализ молекулярных маркеров устойчивости к стрессу у овощных культур позволяет идентификации QTL, лежащих в основе устойчивости к стрессам. QTL для устойчивости к засухе были идентифицированы у томата. Определено три QTL, связанных с эффективностью использования воды у *S. pennellii* на основе состава 13С. У *S. pennellii* при выращивании как во влажных, так и в сухих полевых условиях в Израиле были идентифицированы три независимых участка, способствующих повышению урожайности [61], в то время идентифицировано четыре QTL, связанных с засухоустойчивостью прорастания семян, два из которых были связаны с *S. pimpinellifolium*, который часто исследуется как источник солеустойчивости. Картирование QTL указывает на количественную наследственность солеустойчивости, а в некоторых случаях устойчивость зависит от стадии развития растения [57].

Устойчивость к стрессу окружающей среды является сложным признаком и контролируется большим числом генов [62]. В ответ на стрессы изменяются профили экспрессии как РНК, так и белков. Гены участвуют в модуляции транскрипции, транспорте ионов, контроле транспирации и углеводном обмене. Гены *DREB1A*, *CBF* и *HSF* являются транскрипционными факторами, участвующими в реакции на засуху и жару соответственно [63]. Инвертаза клеточной стенки (INV) и синтеза сахарозы (SUSY) играют ключевую роль в распределении углеводов в растениях, и эта регуляция метаболизма углеводов в листьях может представлять собой часть общего клеточного ответа на акклиматизацию и способствовать осмотической адаптации в условиях стресса. Селекция томата имеющего более мощную и хорошо разветвленную корневую систему, позволяет корням лучше использовать ограниченное количество воды и питательных веществ, а также успешно сопротивляться влиянию негативных факторов внешней среды. Контрольные растения томата получили необратимые повреждения через пять дней без воды, в отличие от трансгенных, которые начали демонстрировать повреждения от водного стресса только через 13 дней, но полностью восстановились, как только вода была подана. Гены *CBF/DREB1* успешно использовались для создания засухоустойчивости у томата и других культур [64].

### Перспективы работы

В зависимости от уязвимости отдельной культуры и агроэкологического региона необходимо разработать стратегии адаптации на основе культуры, интегрируя все доступные варианты для поддержания продуктивности. Разработка стратегий и инструментов для всестороннего максимально полного преодоления воздействий изменения климата и мер по

адаптации овощных культурах пока изучены явно недостаточно. Чтобы повысить нашу готовность к изменению климата и сформулировать надежный план действий, необходимо заполнить пробелы в знаниях о биологии стрессоустойчивости сельскохозяйственных растений, информации и расставить приоритеты в вопросах исследований с точки зрения сельхозпроизводителей, ученых, разработчиков машин и оборудования, представителей торговли. Очень важен опыт «Особой экспедиции по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России», осуществленной В.В. Докучаевым в 1892-1898 гг. в Каменной Степи Воронежской губернии [65].

Крайне важно обосновать (моделировать) вероятные изменения климата, которые могут произойти в обозримом будущем. Как эти изменения могут повлиять на рост, развитие и качество овощных культур? Какие технологии помогут смягчить эту проблему? Какие инновационные исследования следует провести для решения проблем, связанных с изменением климата?

Таким образом, наиболее важные вопросы, стратегии адаптации овощных культур, совершенствования технологий и общих организационно-хозяйственных мероприятий по смягчению последствий изменения климата включают следующее:

- приоритет образования, научных исследований и разработок для повышения адаптивной способности овощных культур в условиях изменения климата;
- выявление и создание стрессоустойчивых сортов овощных культур, в том числе на разных этапах роста и развития;
- надлежащий краткосрочный и долгосрочный план действий по смягчению воздействия изменения климата на овощные культуры путем возобновления лесных насаждений, сбора воды в прудах и малых водоемах и ее разумное использование в виде капель, тумана и разбрызгивателей для борьбы с засухой, включая методы сохранения влаги в почве путем мульчирования;
- создание и выращивание партенокарпических сортов, использование ауксина для стимулирования завязываемости плодов без опыления у томата, баклажана и огурца и других плодовых овощей;
- прививка привоя на подвои с высокой устойчивостью к засухе, жаре и солевому стрессу, болезням, нематодам может увеличить рост и урожайность культур;
- информационно-образовательные программы для производителей, изменение существующих методов выращивания овощей и более широкое использование тепличных технологий – вот некоторые из решений, позволяющих свести к минимуму последствия изменения климата.

### **Заключение**

В настоящее время мировое сельское хозяйство, особенно овощеводство, переживает сложную ситуацию и сталкивается с проблемой обеспечения продовольственной/питательной безопасности для удовлетворения потребностей населения. Мы должны производить все больше и больше продуктов

питания на все меньшей площади земли. Проблема усугубляется нарастающими биотическими и абиотическими стрессами и ухудшением качества окружающей среды, а также угрозой усиления глобального потепления, вызванного парниковыми газами. Сочные овощные культуры очень чувствительны к климатическим условиям жары, засухи и затопления. Поэтому необходимо сосредоточить внимание на изучении воздействия изменения климата на рост, развитие, урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Особое внимание следует также уделить разработке технологий адаптации и количественной оценке смягчающего потенциала сельскохозяйственных культур. Повышение температуры влияет на продолжительность урожая, цветение, плодоношение, и созревание овощных культур, снижая продуктивность и экономический выход.

Для сокращения недоедания и облегчения бедности в развивающихся странах за счет улучшения производства и потребления безопасных овощей потребуются адаптация существующих овощеводческих систем к потенциальному воздействию изменения климата. Для смягчения неблагоприятного воздействия климатических изменений на продуктивность и качество овощных культур необходимо разработать рациональные стратегии адаптации. Акцент должен быть сделан на развитии производственных систем для повышения эффективности использования воды, адаптированных к жарким и сухим условиям. Методы управления культурами, такие как мульчирование растительными остатками и пластиковая мульча, помогают сохранить влажность почвы. Чрезмерная влажность почвы из-за проливных дождей становится серьезной проблемой, которую можно решить, выращивая культуры на приподнятых грядках. Овощная зародышевая плазма, устойчивая к засухе, высоким температурам и другим стрессам окружающей среды, а также способная поддерживать урожайность на маргинальных почвах, должна быть определена, чтобы служить источником этих признаков как для государственных, так и для частных программ селекции овощных культур. Эти зародышевые плазмы будут включать как культивируемые, так и дикие образцы, обладающие генетической изменчивостью, отсутствующей в современных, широко выращиваемых культурных сортах. Генетические популяции разрабатываются для интрогрессии, выявления генов, обеспечивающих устойчивость к стрессам, и в то же время для создания инструментов для выделения, характеристики и генной инженерии генов. Кроме того, агрономические методы, которые сохраняют воду и защищают овощные культуры от неоптимальных условий окружающей среды, должны постоянно улучшаться и быть доступными для фермеров в развивающихся странах. Должна существовать эффективная стратегия расширения, учитывающая технические, социально-экономические и политические компоненты. Наконец, наращивание потенциала знаний и использование их в образовательных программах является ключевыми компонентами устойчивой стратегии решения проблемы изменения климата.

**Об авторах:**

**Александр Федорович Бухаров** – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, Scopus ID 57193127775, Researcher ID J-6605-2018, автор для переписки, [afb56@mail.ru](mailto:afb56@mail.ru)

**Александр Юрьевич Федосов** – младший научный сотрудник отдела технологий и инноваций, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>, [ffed@rambler.ru](mailto:ffed@rambler.ru)

**Мария Ивановна Иванова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, [ivanova\\_170@mail.ru](mailto:ivanova_170@mail.ru)

**About the Authors:**

**Alexander F. Bukharov** – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the department of selection and seed production, <https://orcid.org/0000-0003-1910-5390>, Scopus ID 57193127775, Researcher ID J-6605-2018, Correspondence Author, [afb56@mail.ru](mailto:afb56@mail.ru)

**Alexander Yu. Fedosov** – Junior Researcher, Technology and Innovation Department, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>, [ffed@rambler.ru](mailto:ffed@rambler.ru)

**Maria I. Ivanova** – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, [ivanova\\_170@mail.ru](mailto:ivanova_170@mail.ru)

## ● Литература / References

1. 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.
2. Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И. Дефицитное орошение овощных культур. *Овощи России*. 2022;(3):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-44-499>. EDN NGVSRG. [Fedosov A.Yu., Menshikh A.M., Ivanova M.A. Deficient irrigation of vegetable crops. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):44-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-3-44-49>. EDN NGVSRG.]
3. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). Т. 1. М., 2004. 688 с. [Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice). Т. 1. М., 2004. 688 p. (In Russ.)]
4. Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Соколова Л.М., Каракозова М.В. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений. *Acta Naturae* (русскоязычная версия). 2020;12,3(46):46-59. [Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infectious plant diseases: etiology, current state, problems and prospects of plant protection. *Acta Naturae* (Russian version). 2020;12.3(46):46-59. (In Russ.)]
5. Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И. Оценка водного следа овощных культур. *Овощи России*. 2021;(4):57-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-57-64>. EDN QDYYSU. [Fedosov A.Y., Menshikh A.M., Ivanova M.I. Assessment of water footprint of vegetable crops. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):57-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-57-64>. EDN QDYYSU.]
6. Огнитцев С.Б. Глобальные климатические изменения, углеродные балансы и влияние на них сельского хозяйства. *Актуальные вопросы современной экономики*. 2022;(7):238-249. [Ognitsev S.B. Global climate change, carbon balances and the impact of agriculture on them. *Topical issues of modern economy*. 2022 (In Russ.)]
7. Hazra P., Samsul H.A., Sikder D., Peter K.V. Breeding tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) resistant to high temperature stress. *International Journal of Plant Breeding*. 2007;(1):31-40.
8. Erickson A.N., Markhart A.H. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. *Plant Cell and Environment*. 2012;(25):123-130.
9. Arora S.K., Partap P.S., Pandita M.L., Jalal I. Production problems and their possible remedies in vegetable crops. *Indian Horticulture*. 2010;(32):2-8.
10. Kurtar E.S. Modelling the effect of temperature on seed germination in some cucurbits. *African Journal of Biotechnology*. 2010;(9):9.
11. Ayyogari K., Sidhya P., Pandit M.K. Impact of climate change on vegetable cultivation - a review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 2014;(7):145.
12. Солдатенко А.В., Иванова М.И., Бондарева Л.Л., Тареева М.М. Капустные зеленные овощи. М., Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2022. 296 с. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI. [Soldatenko A.V., Ivanova M.I., Bondareva L.L., Tareeva M.M. Cabbage green vegetables. М., 2022. 296 p. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI. (In Russ.)]
13. Sivakumar R., Nandhitha G.K., Boominathan P. Impact of Drought on Growth Characters and Yield of Contrasting Tomato Genotypes. *Madras Agricultural Journal*. 2016;(103):78-82.
14. Vadez V., Berger J.D., Warkentin T., Asseng S., Ratnakumar P., et al. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012;(32):31-44.
15. SrinivasaRao N.K., Bhatt R.M. Responses of tomato to moisture stress: *Plant water balance and yield*. *Plant Physiology and Biochemistry, New Delhi*. 2012;(19):36-36.
16. De la Peña R., Hughes J. Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. *Journal of SAT Agricultural Research*. 2007;(4):1-22.
17. Yordanov I., Velikova V., Tsonev T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*. 2013;(38):171-186.
18. Dias M.C., Brüggemann W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. *Photosynthetica*. 2010;(48):96-102.
19. Isopp H., Frehner M., Long S.P., Nösberger J. Sucrose-phosphate synthase responds differently to source-sink relations and to photosynthetic rates: *Lolium perenne* L. growing at elevated pCO<sub>2</sub> in the field. *Plant, Cell and Environment*. 2008;(23):597-607.
20. Andersen M.N., Asch F., Wu Y., Jensen C.R., Næsted H., et al. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. *Plant Physiology*. 2012;(130):591-604.
21. Cheeseman J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant physiology*. 2008;(87):547-550.
22. Jamil M., Rha E.S. The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Korean Journal of Plant Research*. 2014;(7):226-232.
23. Lopez M.A.H., Ulery A.L., Samani Z, Picchioni G., Flynn R.P. Response of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) to salt stress and organic and inorganic nitrogen sources: i. growth and yield. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011;(14):137-147.
24. Kaymakanova M., Stoeva N., Mincheva T. Salinity and its effects on the physiological response of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Central European Agriculture*. 2008;(9):749-756.
25. Parent C., Capelli N., Berger A., Crèvecoeur M., Dat J.F. An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*. 2008;(2):20-27.
26. Drew M.C. Plant responses to anaerobic conditions in soil and solution culture. *CurrAdv Plant Sci*. 2009;(36):1-14.
27. Kawase M. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *HortSci*. 2011;(16):30-34.

28. Kuo D.G., Tsay J.S., Chen B.W., Lin P.Y. Screening for flooding tolerance in the genus *Lycopersicon*. *HortSci*. 2014;(17):76-78.
29. Kumar S.N. Climate Change and its Impacts on Food and Nutritional Security in India. *Agriculture under Climate Change: Threats, Strategies and Policies*. 2017;(1):48.
30. Folzer H., Dat J.F., Capelli N., Rieffel D., Badot P.M. Response of sessile oak seedlings (*Quercus petraea*) to flooding: an integrated study. *Tree physiology*. 2006;(26):759-766.
31. Liao C.T., Lin C.H. Effect of flooding stress on photosynthetic activities of *Momordica charantia*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2014;(32):479-485.
32. Gibbs J., Greenway H. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism. *Functional Plant Biology*. 2008;(30):1-47.
33. Malik A.I., Colmer T.D., Lambers H., Setter T.L., Schortemeyer M. Short-term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. *New Phytologist*. 2012;(153):225-236.
34. Pautasso M., Doring T.F., Garbelotto M., Pellis L., Jeger M.J. Impacts of climate change on plant diseases-opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology*. 2012;(133):295-313.
35. Ванеян С.С., Меньших А.М., Борисов В.А., Маркизов В.А. Влияние режимов орошения и минеральных удобрений на урожайность и сохранность свеклы столовой. *Картофель и овощи*. 2016;(3):15-18. EDN VQFQUV. [Vaneyan S.S., Men'shikh A.M., Borisov V.A., Markizov V.A. The impact of irrigation and fertilizers regimes on the yield and storageability of the red beet. *Potato and vegetables*. 2016;(3):15-18. EDN VQFQUV. (In Russ.)]
36. Jat M.K., Tatarwal A.S. Effect of changing climate on the insect pest population National Seminar on Sustainable Agriculture and Food Security: Challenges in Changing Climate. 2012.
37. Das D.K., Singh J., Vennila S. Emerging crop pest scenario under the impact of climate change-a brief review. *Journal of Agricultural Physics*. 2011;(11):13-20.
38. Newton A.C., Johnson S.N., Gregory P.J. Implications of climate change for diseases, crop yields and food security. *Euphytica*. 2011;(179):3-18.
39. Zhou X., Harrington R., Woiwod I.P., Perry J.N., Bale J.S., et al. Effects of temperature on aphid phenology. *Global Change Biology*. 2014;(1):303-313.
40. Hahn D.A., Denlinger D.L. Meeting the energetic demands of insect diapause: nutrient storage and utilization. *Journal of Insect Physiology*. 2007;(53):760-773.
41. Harrington R., Fleming R.A., Woiwod I.P. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agricultural and Forest Entomology*. 2010;(3):233-240.
42. Mboup M., Bahri B., Leconte M., Vallavieille P.D., Kaltz O., et al. Genetic structure and local adaptation of European wheat yellow rust populations: the role of temperature-specific adaptation. *Evolutionary applications*. 2012;(5):341-352.
43. Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A.P., et al. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*. 2006;(296):2158-2162.
44. Termorshuizen A.J. Climate change and bioinvasiveness of plant pathogens: comparing pathogens from wild and cultivated hosts in the past and the present. *Pests and Climate Change*. 2008. pp: 6-9.
45. Boonekamp P.M. Are plant diseases too much ignored in the climate change debate?. *European Journal of Plant Pathology*. 2012;(133):291-294.
46. Солдатенко В.А., Борисов В.А. Экологическое овощеводство. М., Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2022. 504 с. ISBN 978-5-901695-88-3. EDN HBRGMW. [Soldatenko V.A., Borisov V.A. Ecological vegetable growing. М., 2022. 504 p. (In Russ.) ISBN 978-5-901695-88-3. EDN HBRGMW.]
47. Борисов В.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н. Комплексная оценка различных систем удобрения в экологическом овощеводстве открытого грунта. *Агрохимия*. 2022;(1):32-38. DOI 10.31857/S0002188122010045. EDN HRXHSX. [Borisov V.A., Vasyuchkov I. Yu., Kolomiets A.A., Uspenskaya O.N., Belova S.V. Effectiveness of vegetable fertilization based on soil and plant diagnostics. *Agrohimia*. 2022;(1):32-38. DOI 10.31857/S0002188122010045. EDN HRXHSX. (In Russ.)]
48. Lee S.G., Huh Y.C., Sun Z.Y., Miguel A., King S.R., et al. Cucurbit grafting. *Crit Rev Plant Sci*. 2008;(27):50-74.
49. Martinez Rodriguez M.M., Estan M.T., Moyano E., Garcia Abellan J.O., Flores F.B., et al. The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion. *Environmental and Experimental Botany*. 2010;(63):392-401.
50. Bhatt R.M., Rao N.K.S., Harish D.M. Significance of Grafting in Improving Tolerance to Abiotic Stresses in Vegetable Crops Under Climate Change Scenario. In: *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies*. 2013. pp: 159-175.
51. He Y., Zhu Z., Yang J., Ni X., Zhu B. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environmental and Experimental Botany*. 2009;(66):270-278.
52. Lee J.M., Kubota C., Tsao S.J., Bie Z., Echevarria P.H., et al. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*. 2010;(127):93-105.
53. Yetisir H., Caliskan M.E., Soyulu S., Sakar M. Some physiological and growth responses of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai] grafted onto *Lagenaria siceraria* to flooding. *Environmental and Experimental Botany*. 2006;(58):1-8.
54. Matsubara S (2012) Studies on salt tolerance of vegetables, 3: Salt tolerance of rootstocks. Scientific Reports of the Faculty of Agriculture Okayama University.
55. Abdelmageed A.H., Gruda N., Geyer B. Effects of temperature and grafting on the growth and development of tomato plants under controlled conditions. *Rural Poverty Reduction through Research for Development and Transformation*. 2014.
56. Altieri M.A., Nicholls C.I., Henao A., Lana M.A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015;(35):869-890.
57. Foolad M.R., Zhang L.P., Subbiah P. Genetics of drought tolerance during seed germination in tomato: inheritance and QTL mapping. *Genome*. 2010;(46):536-545.
58. Бухарова А.П., Бухаров А.Ф. Отдаленная гибридизация овощных пасленовых культур. Монография. Мичуринск, 2008. 274 с. [Bukharova A.R., Bukharov A.F. Remote hybridization of nightshade vegetable crops. Michurinsk, 2008. 274 p. (In Russ.)]
59. Бухаров А.Ф., Бухарова А.П. Интрогрессия, гетерозис и адаптогенез в селекции перца. Монография. М., 2011. 292 с. [Bukharov A.F., Bukharova A.R. Introgression, heterosis and adaptogenesis in pepper breeding. М., 2011. 292 p. (In Russ.)]
60. Foolad M.R., Jones R.A. Genetic analysis of salt tolerance during germination in *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2011;(81):321-326.
61. Gur A., Zamir D. Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biol*. 2008;(2):e245.
62. Wang W., Vinocur B., Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*. 2003;(218):1-14.
63. Sung D.Y., Kaplan F., Lee K.J., Guy C.L. Acquired tolerance to temperature extremes. *Trends in Plant science*. 2003;(8):179-187.
64. Hsieh T.H., Lee J.T., Charng Y.Y., Chan M.T. Tomato plants ectopically expressing *Arabidopsis* CBF1 show enhanced resistance to water deficit stress. *Plant Physiology*. 2002;(130):618-626.
65. Пашченко А.И. Каменная Степь. Каменная Степь, 2017. 216 с. [Pashchenko A.I. Stone Steppe. Stone Steppe, 2017. 216 p. (In Russ.)]

## Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-50-55>  
УДК 635.48:663.813

В.А. Харченко<sup>1</sup>, Н.А. Голубкина<sup>1\*</sup>,  
В.И. Терешонок<sup>1</sup>, А.И. Молдован<sup>1</sup>,  
М.Н. Богачук<sup>2</sup>, Е.Г. Кекина<sup>3</sup>, М.С. Антошкина<sup>1</sup>,  
Л.В. Павлов<sup>1</sup>, Т.Т. Папазян<sup>4</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 «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» 119240, Россия, Москва, Устьинский пр., 2/14

<sup>3</sup> ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России) 123995, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д.2/1

<sup>4</sup> ООО Alltech 105062, Россия, Москва, Подсосенский пер., д. 26, стр. 3

\*Корреспонденция: [segolubkina45@gmail.com](mailto:segolubkina45@gmail.com)

**Вклад авторов:** Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

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

**Для цитирования:** Харченко В.А., Голубкина Н.А., Терешонок В.И., Молдован А.И., Богачук М.Н., Кекина Е.Г., Антошкина М.С., Павлов Л.В., Папазян Т.Т. Перспективы производства и использования сока ревеня. *Овощи России*. 2023;(3):50-55. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-50-55>

**Поступила в редакцию:** 22.03.2023

**Принята к печати:** 07.04.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Viktor A. Kharchenko<sup>1</sup>, Nadezhda A. Golubkina<sup>1\*</sup>,  
Vladimir I. Tereshonok<sup>1</sup>, Anastasia I. Moldovan<sup>1</sup>,  
Maria N. Bogachuk<sup>2</sup>, Elena G. Kekina<sup>3</sup>,  
Marina S. Antoshkina<sup>1</sup>, Leonid V. Pavlov<sup>1</sup>,  
Tigran T. Papazyan<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety Ustyinsky pr., 2/14, Moscow, Russia, 119240

<sup>3</sup> Medical Academy for Post-Graduate Education 2/1, Barrikadnaya st., Moscow, Russia, 123995

<sup>4</sup> LLC Alltech Podosensky lane, 26, building 3, Russia, Moscow, 105062

\*Correspondence: [segolubkina45@gmail.com](mailto:segolubkina45@gmail.com)

**Authors' Contribution:** All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

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

**For citations:** Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Tereshonok V.I., Moldovan A.I., Bogachuk M.N., Kekina E.G., Antoshkina M.S., Pavlov L.V., Papazyan T.T. Prospects of Rhubarb Juice Production and Utilization. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):50-55. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-50-55>

**Received:** 22.03.2023

**Accepted for publication:** 07.04.2023

**Published:** 09.06.2023

## Перспективы производства и использования сока ревеня



### Резюме

Обзор посвящен пищевой ценности и перспективам использования сока ревеня садового (*Rheum rhabarbarum* L.) в пищевой промышленности. Отмечается высокий выход сока, достигающий 90%, а также возможность комплексной переработки сырья для получения сока и пектина из жмыха. Показано, что жмых черешков ревеня содержит от 21 до 23% пектина, что достоверно выше, чем в используемых в настоящее время природных источниках пектина. Обсуждается лекарственная ценность продукта, проявляющего антиоксидантное, противовоспалительное, противораковое, кардиопротекторное и антидиабетическое действие. Приводятся примеры высокого содержания антиоксидантов в соке и уникальный компонентный состав органических кислот, включая сорбиновую и бензойную, применяемых в качестве стабилизаторов в продуктах питания. Отмечается, что основной органической кислотой ревеня садового на ранней стадии развития (весной) является лимонная кислота. Особое внимание уделяется безотходности производства сока из черешков ревеня благодаря перспективам применения жмыха как значимого источника пектина. Приведена биохимическая характеристика сока 4-х сортов ревеня садового селекции ФГБНУ ФНЦО: Удалец, Малахит, Зарянка и Крупночерешковый. Отмечается целесообразность осуществления селекции ревеня на повышенное содержание антоцианов.

**Ключевые слова:** сок ревеня, органические кислоты, антиоксиданты, нитраты, жмых, пектин

## Prospects of Rhubarb Juice Production and Utilization

### Abstract

The review is devoted to the nutritional significance and prospects of garden rhubarb (*Rheum rhabarbarum* L.) utilization in food industry. High yield of juice reaching 90% and the ability to complex rhubarb stems processing for juice production and pectin extraction from rhubarb stem pomace are empathized. Rhubarb stems pomace recorded up to 21-23 % of pectin, which is significantly higher than in natural industrial sources of pectin. Medicinal value of rhubarb juice is discussed: antioxidant, anti-inflammatory, anti-carcinogenic, cardioprotective and anti-diabetic properties are indicated. Examples of high antioxidant content and unique organic acids composition of rhubarb juice are highlighted. Sorbic and benzoic acids are indicated as important components of juice widely used in food industry as food preservatives. Citric acid is shown to be the main component of rhubarb organic acids in spring. Special attention is paid to the non-waste production of juice thanks to the possibility of pomace processing for pectin recovery. Juice biochemical characteristics of four garden rhubarb cultivars (selection of Federal Scientific Center of Vegetable Production) are described: Udalets, Malakhit, Zaryanka and Krupnochereshkovy). Expediency of further selection on high anthocyanin content in rhubarb stems are empathized.

**Keywords:** rhubarb juice, organic acids, antioxidants, nitrates, stem pomace, pectin

**Введение**

Садовый ревень относится к роду *Rheum* семейству *Polygonaceae*, объединяющему более 60 видов ревеня, многие из которых высоко ценятся как в пищевой [1], так и фармацевтической промышленности и включены в Фармакопею Китая, Кореи и Японии [2]. Джем, варенье, сладости и кондитерские изделия требуют использования сока ревеня. Более того, последним брэндом Ирландской ликеро-водочной промышленности является джин на основе сока ревеня (рис. 1).

чаемый продукт обладает наибольшей антиоксидантной активностью [12].

Наиболее важными биологически активными веществами ревеня являются уникальный набор органических кислот, а также полифенолы, антрахиноны и стильбены [13].

Сок – важнейший продукт переработки ревеня. Согласно экспериментальным данным выход сока может достигать 80-90%. Технической особенностью производства сока является необходимость предварительной нарезки черешков и только после этого



**Рис. 1. Некоторые продукты с использованием сока ревеня: джин, сок, цукаты, сироп, йогурт, ромашковый чай с ревенем**  
**Fig. 1. Separate products based on rhubarb juice utilization: gin, juice, candied fruit, syrup, yogurt, chamomile tea with rhubarb**

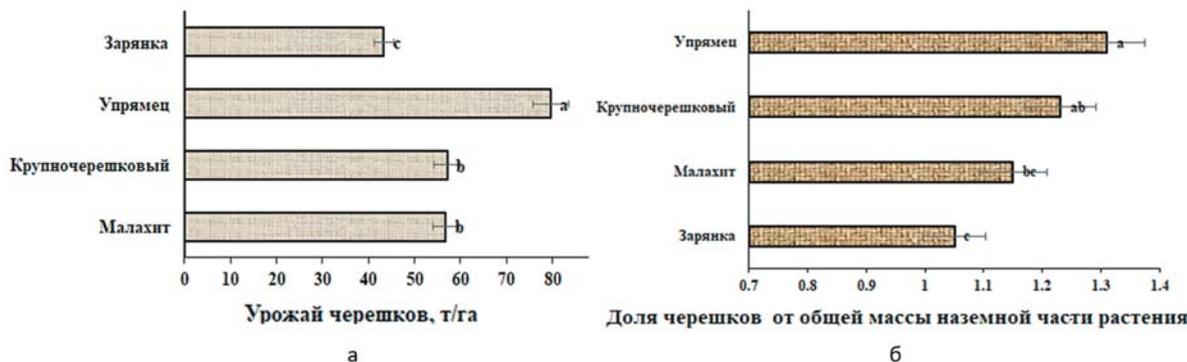
Известно, что ревень обладает противораковым [3], противовоспалительным, ранозаживляющим, кардиопротекторным [4] противовоспалительным [5,6] свойствами, нормализует пищеварение [7]. Ревень широко используется в традиционной медицине Румынии [8], Германии [9] и Кореи [10]. Обладая высокой антиоксидантной активностью, ревень эффективен при диабете, гипертонии и ожирении [11].

использование соковыжималки, что связано с наличием в черешках жестких волокон, способных заблокировать работу соковыжималки [14].

Выращивание садового ревеня в Европе, Азии и Северной Америке показало, что неорганические удобрения обеспечивают наибольший урожай ревеня, в то время как в условиях органического земледелия полу-

**Урожай, выход сока**

Биомасса черешков с одного растения может достигать более 2 кг (сорт Упрямец селекции ФНЦО), что находится в хорошем соответствии с данными сортов ревеня Словении [15]. При выборе сорта ревеня, наиболее пригодного для получения сока, следует учитывать долю листьев, которые не используются в связи с высоким содержанием щавеле-



**Рис. 2. Сортовые различия в соотношении массы черешки/листья в 4х сортах ревеня садового (а – урожайность черешков, б – доля от общей массы надземной части растения). Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при P<0.05**  
**Fig. 2. Varietal differences in stems/leaves mass ratio in 4 rhubarb cultivars (a – stems yield; b – proportion of the total mass of the above-ground rhubarb part. Values with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05**



**Крупночерешковый**



**Малахит**



**Упрямец**



**Зарянка**

**Рис. 3. Внешний вид 4 сортов ревеня селекции ФГБНУ ФНЦО**  
**Fig. 3. Appearance of 4 rhubarb cultivars, selection of Federal Scientific Vegetable Center**

левой кислоты. Оценка 4-х сортов ревеня селекции ФНЦО выявила, что доля листьев от общей массы наземной части растения составляет от 43 до 48% и характеризуется наименьшими значениями для сорта Упрямец (рис. 2, 3).

#### **Содержание антиоксидантов**

С другой стороны, в настоящее время большое внимание уделяется содержанию антоцианов в черешках ревеня, обеспечивающих не только привлекательный вид сока (нежно розовый цвет), но и повышенное содержание природных антиоксидантов [16, 17] (рис. 3).

По этому показателю сорта ревеня селекции ФНЦО можно разделить на три группы:

- 1) с высоким содержанием антоцианов (сорт Зарянка),
- 2) средними уровнями пигментов (сорт Упрямец),
- 3) низкими количествами антоцианов (сорта Малахит и Крупночерешковый).

Так, уровень антоцианов в сорте Зарянка оказался в 3.8–4.7 раз выше, чем в других исследованных сортах, при значительном превышении уровня полифенолов (рис.4).

#### **Накопление нитратов**

Содержание нитратов в соке может варьировать в широких пределах в зависимости от технологии выращивания. Так, на опытных полях ФНЦО сок из черешков ревеня содержал всего 216 мг нитратов в литре сока, в то время как по данным работы [1], уровень нитратов в соке ревеня достигает 815–893 мг/л. Известно, что на уровень накопления нитратов влияют не только генетические факторы, но также доступность азотного питания, интенсивность света, температура окружающей среды, а также доступность воды [19, 20].

#### **Органические кислоты**

Тем не менее, наибольшую ценность в реване имеет уникальный состав присутствующих органических кислот, в первую очередь определяющих качество сока [21,22]. Согласно нашим исследованиям, общее содержание органических кислот в соке ревеня достигает 17-22 г/л. Первые исследования состава органических кислот ревеня, выполненные в 1937 году [23], выявили предпочтительное накопление щавелевой, лимонной и яблочной кислот. Исследования Mezeuova et al. [15] выявили содержание только яблочной кислоты в реване Словении. В Германии [1] сок ревеня содержал щавелевую, лимонную и яблочную кислоты. Во всех этих исследованиях отмечалось преобладание яблочной кислоты, как основного компонента органических кислот сока ревеня. Напротив, исследования на коллекционных образцах ФНЦО позволили установить впервые широкий спектр органических кислот с преобладанием во всех случаях лимонной кислоты.

Профиль основных органических кислот сока ревеня селекции ФНЦО представлен на рис.5. Интересно, что лимонная кислота, по нашим данным, преобладала также в татарском реване Богдинско-Баскунчакского природного заповедника в условиях мощного засоления (Астраханская обл.)

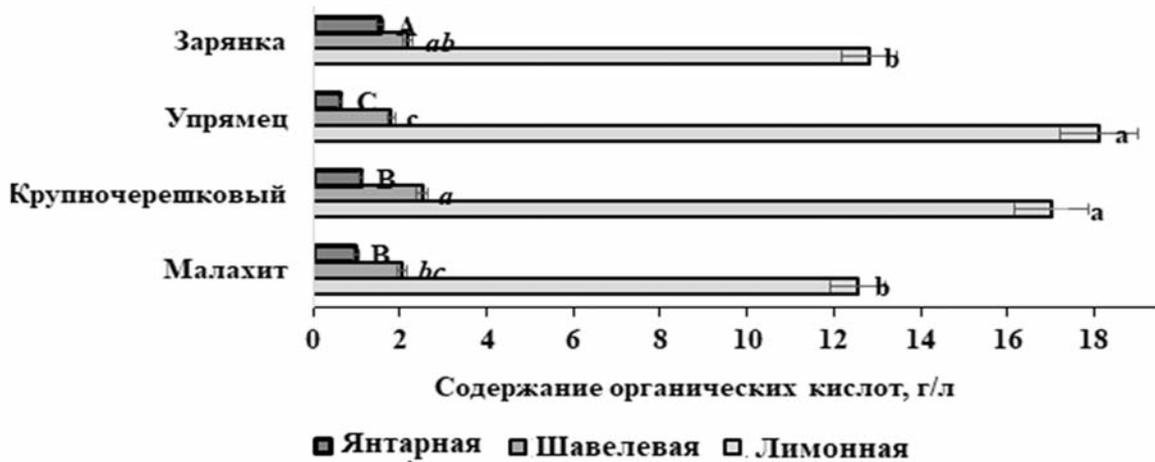


**Рис. 4. Различия в содержании антоцианов и полифенолов сортов Упрямец, Крупночерешковый и Малахит по сравнению с данными для сорта Зарянка [18]. Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$**   
**Fig. 4. Differences in anthocyanes and polyphenols content in Upryamets, Krupnoche-reshkovy and Malakhit cultivars compared to the appropriate data for Zaryanka cv [18]. Values with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at  $p < 0.05$**

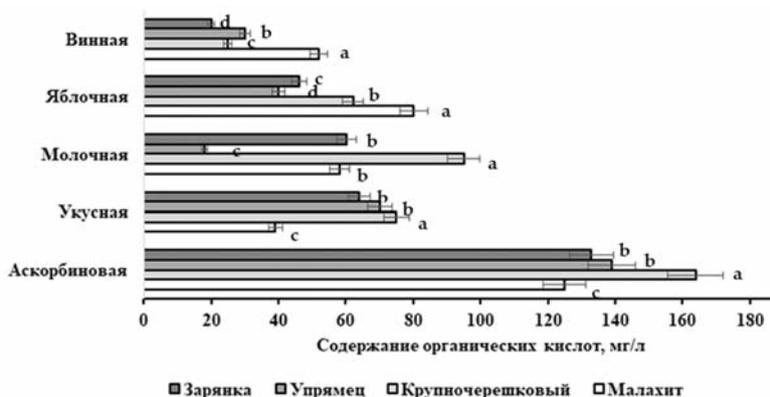
[24]. Различия с литературными данными, по-видимому, связаны с тем, что образцы ревеня собирали весной – в период максимального накопления этой органической кислоты в условиях интенсивного роста растений [23, 25-27].

На втором месте по содержанию органических кислот в соке ревеня ФНЦО стоят аскорбиновая, уксусная, молочная, яблочная и винная кислоты (рис. 6).

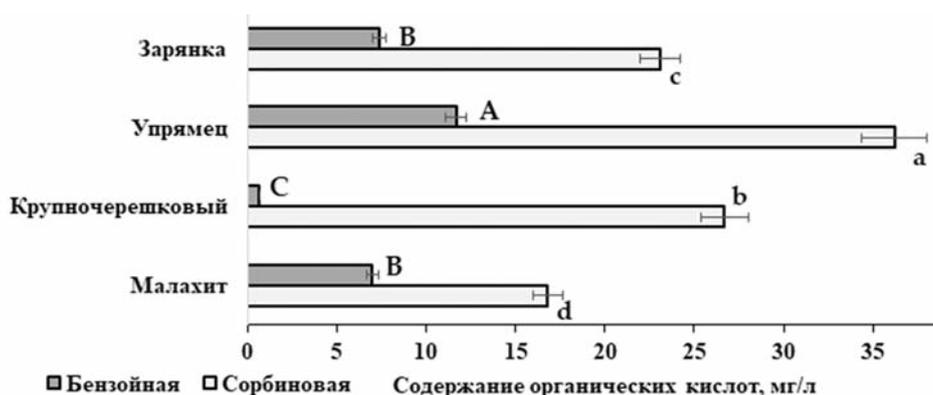
Данные этого рисунка указывают, что каждый сорт характеризуется своим уникальным составом



**Рис. 5. Основные органические кислоты сока ревеня селекции ФНЦО [18]. Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$**   
**Fig. 5. The most important organic acids of rhubarb juice [18]. Values with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at  $p < 0.05$**



**Рис. 6. Содержание второй группы органических кислот в соке 4х сортов ревеня. Для каждой органической кислоты значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$**   
**Fig. 6. Second group organic acids composition and content in juice of 4 rhubarb cultivars. Values with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at  $p < 0.05$**

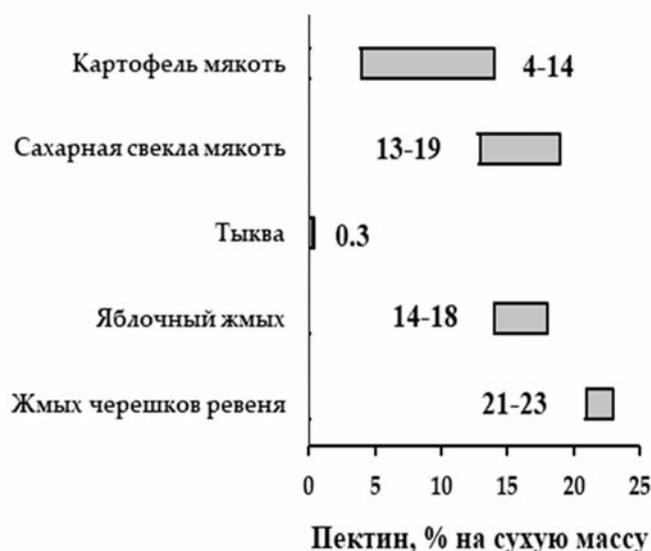


**Рис. 7. Содержание минорных органических кислот в соке 4х сортов ревеня. Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при  $P < 0.05$ .**  
**Fig. 7. Minor organic acids content in juice of 4 rhubarb cultivars. Values with similar indexes do not differ statistically according to Duncan test at  $p < 0.05$**

органических кислот. Так, содержание аскорбиновой, уксусной и молочной кислот преобладает в сорте Крупночерешковый. Наибольшее количество яблочной и винной кислоты характерно для сорта Малахит. Зарянка характеризуется наименьшим количеством винной кислоты. Сорт Упрямец имеет наименьшее количество молочной кислоты. Наблюдаемые различия указывают на уникальный специфический для каждого сорта вкус сока.

Наконец, компонентный состав минорных органических кислот, представленный на рис.7, свидетельствует о присутствии в исследованных образцах соков кислот, ответственных за стабилизацию пищевых продуктов и широко применяющихся для этих целей в пищевой промышленности: бензойной кислоты и сорбиновой [28, 29]. Во всех случаях преобладающей является сорбиновая кислота, наибольшее содержание которой зафиксировано в соке сорта Упрямец. Этот же сорт отличается и наибольшим содержанием бензойной кислоты. Напротив, наименьшее количество бензойной кислоты установлено в соке сорта Крупночерешковый.

С позиций практики представляет несомненный интерес высокая пищевая ценность жмыха от производства сока. Несмотря на то, что его количество сравнительно невелико и составляет около 23% от массы черешков, этот продукт имеет огромную пищевую ценность. При сравнительно высокой антиоксидантной активности, составляющей 30-34 мг-экв. ГК/г с.м., этот продукт является уникальным источником пектина, содержание которого достигает 21-23% с.м., а также высоким общим содержанием пищевых волокон (59-67%) и водорастворимых форм (около 15%). Известно, что жмых ревеня снижает уровень холестерина и триглицеридов в крови [30]. Уровень пектина в жмыхе ревеня достоверно выше, чем содержание этого соединения в жмыхе яблок (10-15%) – основном источнике пектина в пищевой промышленности. Поскольку коэффициент вариации в содержании пектина в жмыхе ревеня не высок, это открывает широкие возможности комплексного использования черешков ревеня, как для приготовления сока, так и выделения пектина для нужд пищевой промышленности (рис. 8).



**Рис. 8. Важнейшие источники пектина [31]**  
**Fig. 8. The most important pectin sources [31]**

### Заключение

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о перспективности производства сока ревеня в связи с высоким выходом и уникальным химическим составом, а также возможностью получения пектина для нужд пищевой промышленности. В перспективе крайне желательным является проводить селекцию ревеня на содержание антоцианов и выявление особенностей накопления органических кислот.

**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)

**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>

**Владимир Ильич Терешонок** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, [tereshonok-74@inbox.ru](mailto:tereshonok-74@inbox.ru)

**Анастасия Ильинична Молдован** – аспирант, [nastiamoldovan@mail.ru](mailto:nastiamoldovan@mail.ru)

**Мария Николаевна Богачук** – кандидат фарм. наук, научный сотрудник, ФИЦ питания и биотехнологии, [bmariyan@mail.ru](mailto:bmariyan@mail.ru)

**Елена Геннадьевна Кекина** – кандидат биол. наук, доцент кафедры гигиены Академии Постдипломного Образования, [lena.kekina@mail.ru](mailto:lena.kekina@mail.ru)

**Марина Сергеевна Антошкина** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, [limont\\_m@mail.ru](mailto:limont_m@mail.ru)

**Леонид Васильевич Павлов** – доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, [pavlov.l.v@vniissok.ru](mailto:pavlov.l.v@vniissok.ru)

**Тигран Тагворович Папазян** – генеральный директор ООО Alltech, [tpapazyan@Alltech.com](mailto:tpapazyan@Alltech.com)

**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)

**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>

**Vladimir I. Tereshonok** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, [tereshonok-74@inbox.ru](mailto:tereshonok-74@inbox.ru)

**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)

**Maria N. Bogachuk** – Cand. Sci. (Pharmaceutical Sci), Researcher, Institute of Nutrition and Biotechnology, [bmariyan@mail.ru](mailto:bmariyan@mail.ru)

**Elena G. Kekina** – Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Department of Hygiene, Academy of Postgraduate Education, [lena.kekina@mail.ru](mailto:lena.kekina@mail.ru)

**Marina S. Antoshkina** – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher Laboratory Analytical Department, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, [limont\\_m@mail.ru](mailto:limont_m@mail.ru)

**Leonid V. Pavlov** – Dc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, [pavlov.l.v@vniissok.ru](mailto:pavlov.l.v@vniissok.ru)

**Tigran T. Papazyan** – CEO of the LLC Alltech, [tpapazyan@Alltech.com](mailto:tpapazyan@Alltech.com)

## • Литература / References

- Will F., Dietrich H. Processing and chemical composition of rhubarb (*Rheum rhabarbarum*) juice. *LWT-Food Sci. Technol.* 2013;50:673–678. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.029>
- Xiang H., Zuo J., Guo F., Dong D. What we already know about rhubarb: A comprehensive review. *Chin. Med.* 2020;15:88. <https://doi.org/10.1186/s13020-020-00370-6>
- Zhu Y.S., Huang Y., Cai L.Q., Zhu J., Duan Q., Imperato-McGinley J. The Chinese medicinal herbal formula ZYD88 inhibits cell growth and promotes cell apoptosis in prostatic tumor cells. *Oncol. Rep.* 2003;10:1633–1639. <https://doi.org/10.3892/or.10.5.1633>
- Liudvytska O., Kolodziejczyk-Czepas J.A. Review on rhubarb-derived substances as modulators of cardiovascular risk factors — A special emphasis on anti-obesity action. *Nutrients.* 2022;14:2053. <https://doi.org/10.3390/nu14102053>
- Kolodziejczyk-Czepas J., Czepas J. Rhaponticin as an anti-inflammatory component of rhubarb: A mini review of the current state of the art and prospects for future research. *Phytochem. Rev.* 2019;18:1375–1386. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09652-w>
- Ibrahim E.A., Baker D.A., El-Baz F.K. Anti-inflammatory and antioxidant activities of rhubarb root extract. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2016;39:93–99.
- Zhang X., Wang L., Chen D.C. Effect of rhubarb on gastrointestinal dysfunction in critically ill patients: A retrospective study based on propensity score matching. *Chin. Med. J.* 2018;131:1142–1150. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.231523>
- Babulka P. Evaluation of medicinal plants used in Hungarian ethnomedicine, with special reference to the medicinally used food plants. *Médicaments et aliments. L'approche Ethnopharmacol.* 1993;1:129–139.
- Pieroni A., Gray C. Herbal and food folk medicines of the Russlanddeutschen living in Künzelsau/Taläcker, South-Western Germany. *Phytother. Res.* 2008;22:889–890.
- Kim H., Song M.-J., Heldenbrand B., Kyoung C. A comparative analysis of ethnomedicinal practices for treating gastrointestinal disorders used by communities living in three national parks (Korea). *Evid-Based Complement Altern. Med.* 2014;2014:108037. <https://doi.org/10.1155/2014/108037>
- Abu-Irmaileh B.E., Afifi F.U. Herbal medicine in Jordan with special emphasis on commonly used herbs. *J. Ethnopharmacol.* 2003;89:193–197. <https://doi.org/10.1016/s0378-874100283-6>
- Cojocar A., Munteanu N., Petre B.A., Stan T., Teliban G.C., Vintu C., Stoleru V. Biochemical and production of rhubarb under growing technological factors. *Rev. Chim.* 2019;70:2000–2003. <https://doi.org/10.37358/RC.19.6.7263>
- Kolodziejczyk-Czepas J., Liudvytska O. *Rheum rhaponticum* and *Rheum rhabarbarum*: A review of phytochemistry, biological activities and therapeutic potential. *Phytochem Rev.* 2021;20:589–607. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09715-3>
- Öztürk M., Öztürk F.A., Duru M.E., Topcu G. Antioxidant activity of stem and root extracts of rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chem.* 2007;103:623–630. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.005>
- Mezeyová I., Mezey J., Andrejiová A. The effect of the cultivar and harvest term on the yield and nutritional value of rhubarb juice. *Plants* 2021;10:1244. <https://doi.org/10.3390/plants10061244>
- Pájaro N.P., Granados Conde, C., Torrenegra Alarcón M.E. Actividad antibacteriana del extracto etanólico del peciolo de *Rheum rhabarbarum*. *Reva Colomb Cienc Qui'micoFarmaceuticas.* 2018;47:26–36.
- Cojocar A., Vlase L., Munteanu N., Stan T., Teliban G.C., Burducea M., Stoleru V. Dynamic of phenolic compounds, antioxidant activity, and yield of rhubarb under chemical, organic and biological fertilization. *Plants.* 2020;9(3):355. <https://doi.org/10.3390/plants9030355>
- Kharchenko V., Golubkina N., Tallarita A., Bogachuk M., Kekina H., Moldovan A., Tereshonok V., Antoshkina M., Kosheleva O., Nadezhkin S., Caruso G. Varietal Differences in Juice, Pomace and Root Biochemical Characteristics of Four Rhubarb (*Rheum rhabarbarum* L.) Cultivars. *BioTech.* 2023,12,12. <https://doi.org/10.3390/biotech12010012>
- Umar A.S., Iqbal M. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. *Agron. Sustain. Dev.* 2007;27:45–57. <https://doi.org/10.1051/agro:2006021>
- Santamaria P. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agr.* 2006;86:10–17.
- Franceschi V., Nakata P. Calcium oxalate in plants: Formation and function. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2005;56:41–71.
- Prasad R., Shivay Y.S. Calcium as a plant nutrient. *Int. J. Bio-Res. Stress Manag.* 2020;11:iii. <https://doi.org/10.23910/1.2020.2075a>
- Allsopp A. Seasonal changes in the organic acids of rhubarb (*Rheum hybridum*). *Biochem. J.* 1937;31:1820–1829. <https://doi.org/10.1042/bj0311820>
- Golubkina N., Kharchenko V., Bogachuk M., Koshevarov A., Sheshniants S., Kosheleva O., Pirogov N., Caruso G. Biochemical characteristics and elemental composition peculiarities of *Rheum tataricum* L. in semi-desert conditions and of European garden rhubarb. *Int. J. Plant Biol.* 2022;13:368–380. <https://doi.org/10.3390/ijpb13030031>
- Saradhulhat P., Paull R.E. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Sci. Hort.* 2007;112:297–303
- Albertini M.V., Carcouet E., Pailly O., Gambotti C., Luro F., Berti L. Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *J. Agr. Food Chem.* 2006;54:8335–8339.
- Wu B.H., Quilot B., Génard M., Kervella J., Li S.H. Changes in sugar and organic acid concentrations during fruit maturation in peaches, *P. davidiana* and hybrids as analyzed by principal component analysis. *Sci. Hort.* 2005;103:429–439.
- Kabuo N.O., Omeire G.C., Ibeabuchi J.C. Extraction and preservation of cashew juice using sorbic and benzoic acids. *Am. J. Food Sci. Technol.* 2015;3:48–54. <https://doi.org/10.12691/ajfst-3-2-4>
- AKIR R., CARGI-MEHMETOGLU A. Sorbic and benzoic acid in non-preservative-added food products in Turkey. *Food Addit. Contam. Part B Surveillance.* 2013;6:47–54. doi: 10.1080/19393210.2012.722131
- Basu T.K., Ooraikul B., Garg M. The lipid lowering effects of rhubarb stalk fiber: A new source of fiber. *Nutr. Res.* 1993;13:1017–1024. <https://doi.org/10.1016/S0271-531780521-4>
- Chandel V., Biswas D., Roy S., Vaidya D., Verma A., Gupta A. Current Advancements in Pectin: Extraction, Properties and Multifunctional Applications. *Foods.* 2022;11:2683. <https://doi.org/10.3390/foods11172683>

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-56-60>  
УДК 635.615-02:631.81.095.337(470.45)

Е.А. Галичкина<sup>1\*</sup>, С.М. Надежкин<sup>2</sup>

<sup>1</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

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

\*Автор для переписки: BBSOS34@yandex.ru

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

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

**Для цитирования:** Галичкина Е.А., Надежкин С.М. Влияние хелатных микроудобрений на ростовые процессы и урожайность арбуза столового в агроэкологических условиях Волгоградского Заволжья. *Овощи России*. 2023;(3):56-60. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-56-60>

**Поступила в редакцию:** 27.02.2023

**Принята к печати:** 14.03.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Elena A. Galichkina<sup>1\*</sup>, Sergey M. Nadezhkin<sup>2</sup>

<sup>1</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

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

\*Correspondence Author: BBSOS34@yandex.ru

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

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

**For citations:** Galichkina E.A., Nadezhkin S.M. Influence of chelated microfertilizers on growth processes and yield of table watermelon under agricultural conditions of the Volgograd Volga region. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):56-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-56-60>

**Received:** 27.02.2023

**Accepted for publication:** 14.03.2023

**Published:** 09.06.2023

## Влияние хелатных микроудобрений на ростовые процессы и урожайность арбуза столового в агроэкологических условиях Волгоградского Заволжья



### Резюме

**Актуальность.** Волгоградская область является регионом рискованного земледелия. В весенне-летний период возделываемая культура (бахчевые) часто подвергается воздействию стрессовых факторов: весенние заморозки, аномальная жара, перепады температур, что негативно сказывается на росте и развитии растений. В связи с этим необходимо разрабатывать новые адаптивные агротехнические приемы возделывания бахчевых культур для получения стабильных урожаев высокого качества.

**Материал и методика.** Объект исследований – арбуз, сорт Метеор. Были изучены водорастворимые удобрения – Хелатон Экстра и Акварин овощной для замачивания семян перед посевом и фоллиарной обработки растений в период вегетации.

**Результаты.** В период исследований 2019-2021 годов были изучены новые виды микроудобрений. При применении препаратов Акварин овощной и Хелатон Экстра для разных способов обработок было отмечено положительное воздействие на рост и развитие растений арбуза столового, а также и на увеличение листовой пластины. Максимальное воздействие на ростовые процессы арбуза столового раннего срока созревания оказал препарат Хелатон Экстра для замачивания семян и обработки растений. Также прибавилась урожайность изучаемого сорта. Средняя масса плода во всех вариантах возросла по сравнению с контрольным вариантом на 2,7-5,3%. Длина вегетационного периода во всех вариантах увеличилась на 2-4 суток, что благоприятно отразилось на увеличении урожая. Сравнительный анализ ростовых процессов и урожайности арбуза сорта Метеор при применении новых форм водорастворимых удобрений для замачивания семян и фоллиарной обработки растений показал большую эффективность от их применения.

**Ключевые слова:** арбуз, сорт, урожайность, микроудобрения, ростовые процессы

## Influence of chelated microfertilizers on growth processes and yield of table watermelon under agricultural conditions of the Volgograd Volga region

### Abstract

**Relevance.** The Volgograd region is a region of risky farming. In the spring-summer period, the cultivated crop (melons) is often exposed to stress factors: spring frosts, abnormal heat, temperature changes, which negatively affects the growth and development of plants. In this regard, it is necessary to develop new adaptive agrotechnical methods for the cultivation of melons and gourds in order to obtain stable yields of high quality.

**Material and methodology.** The object of research is watermelon, variety Meteor. Water-soluble fertilizers were studied – Helaton Extra and Aquarin vegetable for soaking seeds before sowing and foliar treatment of plants during the growing season.

**Results.** During the research period of 2019-2021, new types of microfertilizers were studied.

When using preparations Aquarin vegetable and Helaton Extra for different methods of processing, a positive effect on the growth and development of table watermelon plants, as well as on the increase in the leaf plate, was noted. Helaton Extra for soaking seeds and treating plants had the maximum impact on the growth processes of early table watermelon. As a result of the research, the yield of the studied variety also increased. The average weight of the fetus in all variants increased compared to the control variant by 2.7-5.3%. The length of the growing season in all variants increased from 2 to 4 days, which favorably affected the increase in yield. Comparative analysis of growth processes and productivity of watermelon variety Meteor when using new forms of water-soluble fertilizers for seed soaking and foliar treatment of plants showed greater efficiency from their use.

**Key words:** watermelon, variety, productivity, microfertilizers, growth processes

**Введение**

**П**олитика импортозамещения, реализуемая в аграрном секторе в России с 2014 года, позволила добиться существенных результатов: выросло производство отечественной продукции, сократился импорт, повысилась продовольственная независимость страны [1].

Но если зерновая продукция важна для обеспечения жизнеспособности населения, то овощебахчевая продукция, обладая высоким содержанием витаминов и других незаменимых веществ, является основным источником для обеспечения человека данными элементами и, как следствие, сохранения его здоровья [2].

Сложные условия современного периода развития сельскохозяйственного производства предопределяют необходимость разработок новых технологий, адаптированных к современным условиям земледелия. Для получения стабильных урожаев необходимо повысить адаптивные возможности растений к экстремальным условиям, в которых выращиваются бахчевые культуры в зоне промышленного бахчеводства юга России [3].

Плоды бахчевых культур обладают высокой пищевой ценностью, имеют прекрасные вкусовые качества и очень полезны для здоровья. На первый взгляд может показаться, что арбуз, на 90% состоящий из жидкости, не особо обогащает организм полезными элементами, но на самом деле вместе с ним человек получает значительную дозу витамина С, витамина А, принимающего непосредственное участие в процессе зрительного восприятия. Арбуз обеспечивает поступление в организм большого количества магния, без которого невозможен процесс обновления костной ткани. Также арбуз богат фосфором и аминокислотами [4].

Ранее проведенными исследованиями Montelaro J. (1977), NeSmith D.S., (1999) определены оптимальные агротехнические приемы выращивания данной продукции [5, 6].

Сирота С.М. и др. (2020) считают, что появление на товарном рынке сортов и гибридов арбуза столового с высоким потенциалом продуктивности, интенсивного типа, требуют новых приемов возделывания товарной продукции [7].

Появление на рынке водорастворимых удобрений, регуляторов роста, биопрепаратов требует детального изучения данных препаратов для определения их эффективности в повышении урожайности и оптимизации затрат при выращивании арбуза столового. Рациональная система применения удобрений позволяет увеличить урожайность возделываемых культур на 40-50%, не снижая при этом уровень почвенного плодородия [8].

Поэтому разработка агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия, обеспечивающая повышение продуктивности посевов и сохранение плодородия, является актуальным

моментом в промышленном производстве бахчевых культур, в которой помимо использования сортов, приспособленных к абиотическим и биотическим факторам среды, подразумевается постоянное совершенствование элементов технологии [9, 10].

**Материалы и методика**

Исследования были проведены в период с 2019 по 2021 годы на территории Быковской бахчевой селекционной опытной станции, находящейся в Волгоградской области. Погодные условия в период исследований складывались следующим образом. В 2019 году количество осадков за вегетационный период превысило среднемноголетние данные на 6,7%. Основное количество осадков выпало во второй и третьей декадах июля – 67% от общей суммы. В мае и июне осадков было в 2,4-3,5 раза меньше среднемноголетних данных. В августе не было ни одного дождя. Среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетние данные в мае на 0,3°C и в июне – на 1,3°C. В остальные месяцы температура воздуха была ниже среднемноголетних данных.

В 2020 году количество осадков за вегетационный период наблюдалось значительно ниже среднемноголетних данных на 30,1%. Основное количество их выпало в мае и составило 51,1% от всех осадков, выпавших за вегетацию. В остальные месяцы осадков выпало существенно меньше среднемноголетних величин. Температура воздуха превышала среднемноголетние данные в июне и июле на 1-1,5°C. В августе температура воздуха была ниже среднемноголетних данных на 2,8°C. Большие перепады температур в дневное и ночное время повлияли на рост и развитие растений.

За вегетационный период 2021 года количество осадков выпало больше среднемноголетних данных на 48,7%. Однако распределение осадков по месяцам вегетационного периода было не равномерным. Основное количество осадков выпало в мае и составило 38,7% от всех осадков, выпавших за вегетационный период. В 3,3 раза превысило среднемноголетние данные количество осадков в июне 2021 года. В первой и третьей декаде мая, в первой декаде июня и третьей декаде сентября выпало самое большое количество осадков за вегетационный период. В период вегетации отчетного года наблюдались высокие среднесуточные температуры воздуха. Самые высокие среднесуточные температуры воздуха были отмечены в июле и августе 27,2°C, что на 1,6-2,2°C выше среднемноголетних данных. На 0,70C превышали среднемноголетние данные среднесуточные температуры воздуха в июне 2021 года.

Период исследований – 2019-2021 годы. Объект исследований – арбуз, сорт Метеор. В работе использовали методики Литвинов С.С. «Методика полевого опыта в овощеводстве», Белик В.Ф. «Методика полевого опыта в овощеводстве и бахче-

водстве» [11, 12]. Были изучены виды и способы применения водорастворимых хелатных микроудобрений для определения их эффективности при выращивании арбуза столового раннего срока созревания. Изучаемые препараты применяли для замачивания семян перед посевом и фолиарной обработки растений во время вегетации в период начало плетобразования и перед смыканием плетей (через 2 недели):

- замачивание семян: Хелатон Экстра – 1 мл/л воды, Акварин овощной – 6 г/л воды. Срок замачивания – 3 часа;

- обработка растений: Хелатон Экстра – 500 мл/100 л рабочего раствора, Акварин овощной – 670 г/100 л рабочего раствора. Норма рабочего раствора – 300 л/га.

Характеристика изучаемых препаратов:

Хелатон Экстра: комплексное водорастворимое удобрение, состав: Fe – 0,58%; Mn – 0,77%; Co – 0,57%; Mo – 0,58%; Cu – 0,53%; Zn – 0,58%; B – 0,16%; аммиачный азот – 3,78%.

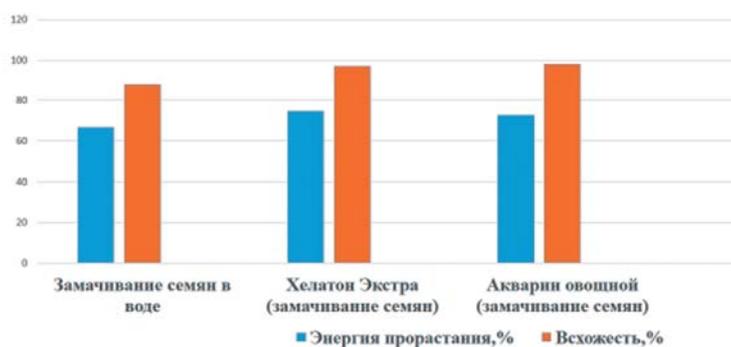
Акварин овощной – комплексное водорастворимое удобрение. Состав: азот – 19%, фосфор – 6%, калий – 20%, магний – 1,5%, микроэлементы в форме хелатов: Fe – 0,054%, Zn – 0,014%, Cu – 0,01%, Mn – 0,042%, Mo – 0,004%, B – 0,02%.

При взаимодействии микроудобрений с растением отмечается высокая степень впитывания полезных веществ, что способствует увеличению урожая и повышению вкусовых свойств плодов исследуемой культуры. В результате некорневого внесения питания через листовые пластины и поверхность стебля, создаются хорошие условия поглощения полезных веществ растением.

В исследуемый период, проводили следующие наблюдения и учеты: фенологические наблюдения, биометрические исследования, учет урожая [11, 12].

### Результаты и их обсуждение

Сравнительная оценка результатов исследования показала, что применение хелатных удобрений при возделывании арбуза столового является перспективным приемом в условиях Волгоградской области. Оценка полученных результатов показала их положительное действие на энергию прорастания семян, которая составила 73-75%, что на 6-8% больше варианта замачивание семян в воде. Самый большой показатель энергии прорастания семян был отмечен при использовании препарата Хелатон Экстра. Также в результате исследований отмечали увеличение всхожести семян на 9-10%, что позволило получить более выравненные посевы в вариантах с использованием водорастворимых удобрений. Самый высокий эффект был получен в варианте с применением для замачивания семян удобрения Акварин овощной, где всхожесть составила 98% (рис. 1).



**Рис. 1. Влияние новых водорастворимых удобрений на посевные качества семян арбуза столового**  
**Fig. 1. Influence of new water-soluble fertilizers on the sowing qualities of table watermelon seeds**

Применение новых форм удобрений оказало положительное действие на ростовые процессы растений арбуза столового раннего срока созревания. При применении препаратов Акварин овощной и Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, к периоду созревания плодов длина плетей увеличилась на 11,2-25,2% по отношению к контролю (замачивание семян в воде) и на 7,3-20,8% по сравнению с контролем (без обработок). Самое большое нарастание вегетативной массы было отмечено в варианте Хелатон Экстра. Сравнительная оценка данных исследований показала, что в результате применения испытываемых удобрений для некорневой обработки растений, длина плетей увеличилась на 8,4-13,4% по отношению к обработке растений водой и на 11,9-17,0% по сравнению с чистым контролем. Максимальное влияние на нарастание плетей оказало, удобрение Хелатон Экстра.

Применение микроудобрений для замачивания семян и обработки растений в период вегетации 2019-2021 годов оказало положительное действие на увеличение листовой пластины. В вариантах с применением микроудобрений Акварин овощной и Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, площадь листовой поверхности увеличилась на 33,7-45,7% по отношению к варианту (замачивание семян в воде) и на 23,3-34,4% по сравнению с контролем без обработок. Самая большая площадь листа (среднее за вегетацию), была зафиксирована в варианте с применением Хелатон Экстра. Также отмечалось увеличение площади листа при фолиарной обработке растений во время вегетации аналогичными препаратами. В вариантах с применением микроудобрений Акварин овощной и Хелатон Экстра для обработки растений, показатели величины площади листовой поверхности превышали вариант обработка растений водой на 2,2-30,2% и на 8,8-38,6% к контролю без обработок. Максимальные показатели были достигнуты в варианте с применением препарата Хелатон Экстра. Самый существенный прирост вегетативной массы в период исследований оказал препарат Хелатон Экстра для замачивания семян и фолиарной обработки растений (табл. 1).

Таблица 1. Влияние хелатных микроудобрений и способов их применения на ростовые процессы арбуза столового раннего срока созревания Метеор (среднее за 3 года)  
 Table 1. Influence of chelated microfertilizers and methods of their application on the growth processes of early table watermelon Meteor (average for 3 years)

Варианты опыта	Количество плетей, шт.		Длина плетей, см		Площадь листа, м <sup>2</sup> /га			
	после 1-й обработки	после 2-й обработки	после 1-й обработки	после 2-й обработки	после 1-й обработки	после 2-й обработки	перед созреванием	среднее за вегетацию
1. Контроль (без обработок)	26	44	221	370	515	5382	17961	7953
2. Контроль (замачивание семян в воде)	23	40	248	357	516	5628	15864	7336
3. Контроль (обработка растений водой)	24	36	248	382	485	6401	18523	8470
4. Хелатон Экстра (замачивание семян)	37	53	273	447	515	7612	23938	10688
5. Хелатон Экстра (обработка растений)	36	54	260	433	523	8099	24452	11025
6. Акварин овощной (замачивание семян)	28	44	232	397	537	6946	21934	9806
7. Акварин овощной (обработка растений)	24	39	222	414	481	6647	18839	8656

В период 2019–2021 годов было достигнуто увеличение урожая за счет применения микроудобрений для замачивания семян перед посевом и обработки растений во время вегетации. В вариантах с применением препаратов Акварин овощной и Хелатон Экстра для замачивания семян перед посевом, показатели средней урожайности были отмечены на 22,1–24,5% выше варианта замачивание семян в воде и на 33,7–36,3% больше чистого контроля. Наибольшая урожайность при замачивании семян арбуза была получена в варианте Хелатон Экстра. Также исследованиями отмечено, что фолиарная обработка растений в период вегетации оказала положительное влияние на повышение урожайности арбуза столового, сорт Метеор. Как показали результаты исследований в вариантах с использованием удобрений Хелатон

Экстра и Акварин овощной урожайность повысилась на 23,9–25,4% по сравнению с обработкой растений водой и на 38,9–40,5% по отношению к контролю. Максимальная урожайность была отмечена в варианте с применением препарата Акварин овощной для некорневой обработки растений.

Исследования показали, что выход товарной продукции был достаточно высок во всех вариантах с применением удобрений и варьировался от 92,4% до 96,4%. Максимальное значение было отмечено в варианте Акварин овощной для обработки растений. Средняя масса плода колебалась от 5,9 кг до 7,2 кг. Самые крупные плоды были получены в варианте Хелатон Экстра (обработка растений).

При применении новых агротехнических приемов выращивания арбуза столового необходимо учиты-

Таблица 2. Урожайность арбуза столового раннего срока созревания Метеор (среднее за 3 года)  
 Table 2. Productivity of early table watermelon Meteor (average over 3 years)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Выход товарной продукции, %	Средняя масса товарного плода, кг	Длина вегетационного периода, сут.
1. Контроль (без обработок)	19,0	92,4	5,9	75
2. Контроль (замачивание семян в воде)	20,8	93,1	5,9	75
3. Контроль (обработка растений водой)	21,3	94,0	6,1	76
4. Хелатон Экстра (замачивание семян)	25,9	95,0	6,2	78
5. Хелатон Экстра (обработка растений)	26,4	94,7	7,2	79
6. Акварин овощной (замачивание семян)	25,4	94,7	6,4	77
7. Акварин овощной (обработка растений)	26,7	96,4	6,3	78
НСР <sub>05</sub>	1,18		0,58	

вать климатические условия зоны исследований (малоснежные зимы, возможны весенние заморозки) и их влияние на сроки созревания плодов. Но в условиях сухостепного Заволжья даже небольшое увеличение вегетационного периода способствует большему накоплению урожая. В результате сравнительной оценки различных видов микроудобрений для замачивания семян перед посевом мы отмечаем увеличение вегетационного периода на 2-3 суток по сравнению с контролем (замачивание семян водой) и контролем (без обработок). При некорневой обработке растений, во всех изучаемых вариантах, увеличился срок вегетации на 2-3 суток по отношению к обработке растений водой и на 3-4 суток по отношению к контролю (без обработок). Самое максимальное увеличение было отмечено в варианте Хелатон Экстра (табл. 2).

### Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о высокой эффективности применения новых форм водорастворимых удобрений в технологии возделывания арбуза столового раннего срока созревания в засушливых условиях Волгоградского Заволжья. В результате применения данных препаратов было отмечено значительное нарастание вегетативной массы. При применении водорастворимых удобрений для замачивания семян перед посевом и двукратной обработки растений в период вегетации, существенно повысилась урожайность и увеличилась средняя масса товарного плода. Самые крупные плоды были получены при использовании препарата Хелатон Экстра для некорневой обработки растений. Также увеличилась длина вегетационного периода, что способствует большему накоплению урожая.

#### Об авторах:

**Елена Александровна Галичкина** – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-9603-7638>, автор для переписки, [BBSOS34@yandex.ru](mailto:BBSOS34@yandex.ru)

**Сергей Михайлович Надежкин** – доктор биол. наук, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, [nadegs@yandex.ru](mailto:nadegs@yandex.ru)

#### About the Authors:

**Elena A. Galichkina** – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-9603-7638>, Correspondence Author, [BBSOS34@yandex.ru](mailto:BBSOS34@yandex.ru)

**Sergey M. Nadezhkin** – Doc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, [nadegs@yandex.ru](mailto:nadegs@yandex.ru)

#### • Литература

1. Ушачев И.Г., Маслова В.В., Чекалин В.С. Импортозамещение и обеспечение продовольственной безопасности России. *Овощи России*. 2019;(2):3-8. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>. EDN PUULGD.
2. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Пивоваров В.Ф., Шатилов М.В., Иванова М.И., Россинская О.В., Разин О.А. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России. *Овощи России*. 2019;(2):9-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>. EDN EDFNYR.
3. Мукатова М.Д., Боева Т.В. Биостимулятор повышения урожайности для сельскохозяйственных культур. М.: Рыбпром. 2010;(3):106-107.
4. Dimitrovski D., Bicani D., Luterotti S.C., Twisk C.V., Buijnsters J.G. and Doka O. The concentration of trans-lycopene in postharvest watermelon: An evaluation of analytical data obtained by direct methods. *Postharvest Biological Technology*. 2010;(58):21-28.
5. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
6. NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. I. *Am. Soc. Hort. Sc.* 1999;124(5):458-461.
7. Сирота С.М., Пинчук Е.В., Шевченко Т.Е. Реалии российского рынка овощебахчевых культур в разрезе баланса производства и потребления продукции. *Картофель и овощи*. 2020;(4):3-9.
8. Ковылин В.М., Борисов В.А., Борисова Л.М., Масловский С.А. Влияние систем удобрения в овоще-кормовом севообороте на агрохимические показатели плодородия аллювиальнолуговой почвы. *Агрохимия*. 2004;(10):14-21.
9. Колешина Т.Г., Белов С.И. Новые агроприемы возделывания арбуза и их влияние на урожайность и качество плодов арбуза в условиях Волгоградского Заволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2015;3(39):60-64.
10. Коринец В.В. Проблемы и перспективы развития современных элементов технологий производства с.-х. продукции. Мат. V научно-практич. конф. молодых ученых и аспирантов. – Астрахань, 2008. С.100-128.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 649 с.
12. Белик В.Ф., Бондаренко Г.Л. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве М. 1979. 210 с.

#### • References

1. Ushachev I.G., Maslova V.V., Chekalin V.S. Import substitution and ensuring food security of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):3-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>. EDN PUULGD.
2. Soldatenko A.V., Razin A.F., Pivovarov V.F., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Rossinskaya O.V., Razin O.A. Vegetables in the system of ensuring food security of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):9-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>. EDN EDFNYR.
3. Mukatova M.D., Boeva T.V. Biostimulant for crop yield increase. M.: Rybprom., 2010;(3):106-107. (In Russ.)
4. Dimitrovski D., Bicani D., Luterotti S.C., Twisk C.V., Buijnsters J.G. and Doka O. The concentration of trans-lycopene in postharvest watermelon: An evaluation of analytical data obtained by direct methods. *Postharvest Biological Technology*. 2010;(58):21-28.
5. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
6. NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. I. *Am. Soc. Hort. Sc.* 1999;124(5):458-461.
7. Sirota S.M., Pinchuk E.V., Shevchenko T.E. The realities of the Russian market of vegetable and melon crops in the context of the balance of production and consumption of products. *Potatoes and vegetables*. 2020;(4):3-9. (In Russ.)
8. Kovylin V.M., V.A. Borisov, Borisova L.M., Maslovsky S.A. Influence of fertilizer systems in vegetable-fodder crop rotation on agrochemical indicators of fertility of alluvial meadow soil. *Agrochemistry*. 2004;(10):14-21. (In Russ.)
9. Koleshina T.G., Belov S.I. New agricultural methods of watermelon cultivation and their influence on the yield and quality of watermelon fruits in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. *News of the Nizhnevolsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2015;3(39):60-64. (In Russ.)
10. Korinets, V.V. Problems and prospects for the development of modern elements of agricultural production technologies. products. Mat. V scientific-practical conf. young scientists and graduate students. Astrakhan, 2008. P.100-128. (In Russ.)
11. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: Rosselkhozakademiya, 2011. 649 p. (In Russ.)
12. Belik V.F., Bondarenko G.L. Methods of field experience in vegetable growing and melon growing. M. 1979. 210 p. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-61-66>  
УДК 635.153:581.9(470.6)

М.Ш. Гаплаев\*, И.А. Гучериев

ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»  
366021, РФ, Чеченская Республика,  
г. Грозный, ул. Лиловая, 1

\*Автор для переписки: [gaplaev63@list.ru](mailto:gaplaev63@list.ru)

**Для цитирования:** Гаплаев М.Ш., Гучериев И.А. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. в условиях Северного Кавказа. *Овощи России*. 2023;(3):61-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-61-66>

**Поступила в редакцию:** 25.05.2023

**Принята к печати:** 05.06.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Magomed Sh. Gaplaev\*, Izrail A. Guceriev

FSBSI Chechen research Institute of agriculture  
1, st. Lilovaya, Grozny, Chechen Republic, Russian  
Federation, 366021

\*Correspondence Author: [gaplaev63@list.ru](mailto:gaplaev63@list.ru)

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

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

**For citations:** Gaplaev M.Sh., Guceriev I.A. Formation of highly productive agrophytocenoses of *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. in the conditions of the North Caucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):61-66. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-61-66>

**Received:** 25.05.2023

**Accepted for publication:** 05.06.2023

**Published:** 09.06.2023

# Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. в условиях Северного Кавказа



## Резюме

**Актуальность.** Одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства является обеспечение населения регионов овощами за счет местного производства. Несмотря на социальную значимость отрасли овощеводства, ее развитие в Центральном Предкавказье на современном этапе позволяет лишь на половину удовлетворять спрос населения. Для Чеченской Республики, где площадь пахотных земель ограничена, дайкон (*Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev.) имеет определенную перспективу, особенно для возделывания в летне-осенний период, после ранобуриаемых овощных и полевых культур.

**Результаты.** В условиях Чеченской Республики максимальная урожайность корнеплодов 29,0 т/га и товарность 65% раннеспелого сорта Саша получена при сроке посева 31.07 и схеме 35x10 см. Наибольшую урожайность корнеплодов сортов Дубинушка, Дракон, Фаворит формировалась при сроке посева 17.07 (58,1, 62,3 и 57,3 т/га соответственно), а у сорта Московский богатырь – при сроке посева 3.07 (72,3 т/га) при схеме посева 70x10 см.

**Ключевые слова:** дайкон, *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev., урожайность, схема посева, срок посева

# Formation of highly productive agrophytocenoses of *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. in the conditions of the North Caucasus

## Abstract

**Relevance.** One of the most important tasks of agricultural production is to provide the population of the regions with vegetables at the expense of local production. Despite the social significance of the vegetable growing industry, its development in the Central Ciscaucasia at the present stage allows only half to meet the demand of the population. For the Chechen Republic, where the area of arable land is limited, the daikon (*Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev.) has a certain perspective, especially for cultivation in the summer-autumn period, after early harvesting of vegetables and field crops.

**Results.** Under the conditions of the Chechen Republic, the maximum yield of root crops (29.0 t/ha) and marketability of 65% of the early maturing variety Sasha was obtained with a sowing time of 31.07 and a scheme of 35x10 cm. The highest yield of root crops of varieties Dubinushka, Dragon, Favorit was formed at a sowing time of 17.07 (58.1, 62.3 and 57.3 t/ha, respectively), and variety Moskovsky Bogatyr – at a sowing time of 3.07 (72.3 t/ha) at sowing scheme 70x10 cm.

**Keywords:** daikon, *Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev., yield, sowing scheme, sowing time

**Введение**

**Д**айкон (*Raphanus sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev.) – экономически важная овощная культура, которую выращивают и потребляют во всем мире, особенно в Юго-Восточной Азии. Различные староместные и традиционные разновидности дайкона выведены на протяжении долгой истории одомашнивания, эволюции и селекции, и они демонстрируют большие различия в размере, форме и вкусе корнеплодов, а также других характеристиках, таких как сроки уборки урожая и стеблевания. Толстые корнеплоды обычно собирают как овощ [1, 2]. Дайкон можно считать сырьем для разработки нутрицевтиков, направленных как на инфекционные, так и на неинфекционные заболевания [3]. Популярность дайкона обусловлена его быстрым ростом, коротким периодом вегетации, простотой выращивания и более широкой климатической адаптацией.

Для оценки агрофитоценозов любого вида сельскохозяйственных культур используется фитоценологический подход к строению агрофитоценозов, так как он отвечает на актуальные вопросы оптимального построения ценоза, уже проведенного на технологической стадии посева. Кроме того, он имеет решающее значение для роста растений и физиологических процессов, являясь определяющим в реализации их генотипического потенциала [4, 5, 6, 7]. Обеспечение однородности агрофитоценозов даже с учетом современной селекционной практики и генетической однородности растений является очень проблематичным вопросом [8, 9].

Вопрос о стратегии жизнеспособности агрофитоценозов относительно хорошо изучен, и аспекты их применения при разработке технологий выращивания определенных культур, включая такие основные элементы, как срок и схема посева, площадь питания растений, должны сочетаться эффективно. Этот подход особенно важен и подходит для сельскохозяйственных культур, которые чувствительны к изменениям параметров посева в технологических условиях и формированию агрофитоценозов. К таким видам сельскохозяйственных культур можно отнести дайкон, и применение системы оценки фитоценологических параметров будет актуальным и целесообразным. Оценка сортов в новых условиях включает оптимизацию сроков сева, схемы размещения растений [10, 11].

Цель исследования – изучить формирование высоких агрофитоценозов различных сортов дайкона в условиях Чеченской Республики.

**Условия и методика проведения исследований**

Полевые исследования проводили на орошаемых землях степной зоны Центральной части Северного Кавказа в период с 2017 по 2019 годы на полях ФГБНУ «Чеченский НИИСХ». Почва опытного участка – выщелоченный чернозем с подстилающим галечником, с содержанием гумуса 3,9%. Гранулометрический состав – тяжелый суглинок. Реакция почвенного раствора – pH 6,9, емкость поглощения – 22 мг-экв./100 г почвы; содержание легкогидролизуемого азота 118-122 мг/кг; подвижного фосфора – 19-20 мг/кг – среднее; обменного калия – 245-254 мг/кг почвы – среднее. При пересыхании почва очень трудно поддается воздействию механических обработок.

Объектом исследования явилась *R. sativus* L. subsp. *acanthiformis* (Blanch.) Stankev. – редька японская (дайкон), сортов Саша, Дубинушка, Дракон, Фаворит, Московский богатырь. Предмет исследования – закономерности формирования урожайности корнеплодов дайкона в зависимости от срока от схемы посева при летне-осеннем выращивании в условиях Центрального Предкавказья.

Краткая характеристика используемых сортов представлена ниже.

**Саша** – скороспелый, за 30-45 дней формирует корнеплод весом 300-400 г. Пригоден для выращивания в открытом и защищенном грунте.

**Дубинушка** – среднеспелый, период от полных всходов до технической спелости 60-75 дней. Корнеплод цилиндрический с утолщенным заостренным основанием, длиной 30-45 см, диаметром 5-8 см, гладкий; головка и плечики слегка зеленовато-желтые, основная окраска белая, мякоть очень сочная, нежная, снежно-белая, плотной консистенции, погруженность в почву на 1/2-1/3 длины корнеплода, легко выдергивается. Масса корнеплода 750-2200 г.

**Дракон** – среднеспелый, период от полных всходов до технической спелости 65-70 дней. Корнеплод цилиндрический, с коническим сбегом, длиной 30-60 см, диаметром 6-8 см, гладкий, головка и плечики белые, основная окраска кожицы белая, мякоть очень сочная, нежная, белая, плотной консистенции; погруженность в почву на 1/3-1/2 длины корнеплода, легко выдергивается. Масса корнеплода 900-960 г.

**Фаворит** – период от полных всходов до начала хозяйственной годности 62-66 дней. Корнеплод конической формы, белый, гладкий, головка среднего размера, зеленая, плоская, мякоть белая, нежная. Масса корнеплода 450-500 г.

**Московский богатырь** – период от полных всходов до начала технической спелости 80-85 дней. Корнеплод цилиндрический с вытянутой головкой, белой кожурой и гладкой поверхностью. Погруженность в почву на 1/3 длины корнеплода. Масса корнеплода 1,0-1,5 кг.

Изучение формирования продуктивности дайкона в зависимости от сроков и схем посева семян проводили по следующей схеме: фактор А: сорта Саша, Дубинушка, Дракон, Фаворит, Московский богатырь; фактор Б: срок посева семян – 3.07; 17.07; 31.07; фактор В: схема посева семян – 35x10 см; 45x10 см; 70x10 см.

Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Площадь одной делянки – 20 м<sup>2</sup>, учетной – 10 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое.

Полевые опыты проводили по методике [12]. В течение вегетации вели фенологические наблюдения, биометрические измерения. Урожай определяли путем взвешивания всех корнеплодов с учетной делянки. Учитывали ломкость корнеплодов при ручной уборке, выделяли нестандартные корнеплоды. Товарность и цветущность определяли путем подсчета доли цветущих растений от общего их числа.

Для оценки сортов дайкона на устойчивость к преждевременному стеблеванию использовали балльную шкалу [13]: 1 балл – 0% растений, перешедших в фазу стеблевания, 2 балла – до 10%, 3 балла – 11-20%, 4 балла – 21-50%, 5 баллов – более 50% и 6 баллов – 100%.

**Результаты и их обсуждение**

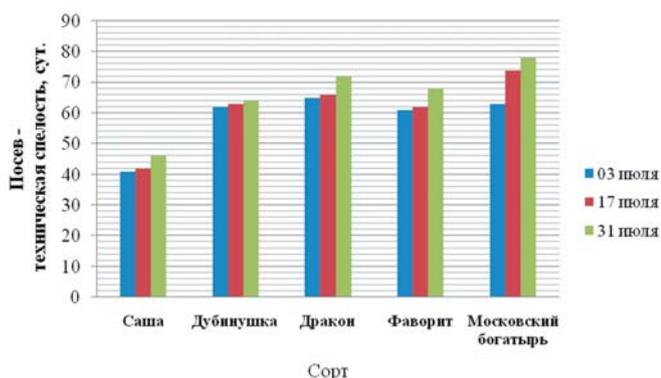
В процессе вегетативного роста растения дайкона проходили следующие фазы развития: прорастание семян и появление всходов, начальный рост розетки листьев и корней, формирование ассимиляционного аппарата и корнеплода. Большое влияние на характер прохождения отдельных фенологических фаз редьки оказывают многие абиотические факторы внешней среды, особенно погодные условия, сроки и схемы посева семян.

При летне-осеннем выращивании в зависимости от сроков посева семян продолжительность межфазных периодов от посева до технической спелости корнеплодов изучаемых в опыте сортов дайкона была различной (табл. 1).

У сорта Саша техническая спелость корнеплодов наступила на 41-46-е сутки, Дубинушка – 62-64-е сутки, Дракон – 65-72-е сутки, Фаворит – 61-68-е сутки, Московский богатырь – 63-78-е сутки в зависимости от сроков посева семян. Сорт Саша является раннеспелым, Дубинушка, Дракон и

**Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов от посева до технической спелости у различных сортов дайкона в зависимости от сроков посева семян, сутки (среднее за 2017-2019 годы)**  
**Table 1. Duration of interphase periods from sowing to technical ripeness in different varieties of daikon, depending on the timing of sowing seeds, days (2017-2019)**

Сорт	Дата посева	Всходы		Начальный рост розетки листьев и корней	Пучковая спелость	Техническая спелость
		начало	массовые			
Саша	03.07	5	6	18	29	41
	17.07	5	6	19	30	42
	31.07	5	6	21	31	46
Дубинушка	3.07	7	8	24	34	62
	17.07	7	8	25	35	63
	31.07	7	8	25	36	64
Дракон	3.07	7	8	24	36	65
	17.07	7	8	25	37	66
	31.07	7	8	25	38	72
Фаворит	3.07	7	8	24	34	61
	17.07	7	8	24	35	62
	31.07	7	8	26	36	68
Московский богатырь	3.07	8	9	25	34	63
	17.07	8	9	28	36	74
	31.07	8	9	30	38	78



**Рис. 1. Гистограмма распределения различных сортов дайкона по длине вегетационного периода в зависимости от сроков посева семян при летне-осеннем выращивании (2017-2019 годы)**  
**Fig. 1. Histogram of the distribution of different varieties of daikon along the length of the growing season, depending on the timing of sowing seeds during summer-autumn cultivation (2017-2019)**

Фаворит – среднеспелыми, Московский богатырь – средне-поздним.

Отмечено, что при третьем сроке посева по сравнению с первым сроком разница в наступлении технической спелости корнеплодов по всем изученным сортам дайкона составила от 2 до 15 суток (рис. 1), что является результатом снижения температуры воздуха [14, 15].

При позднелетнем посеве начальный рост розетки листьев и корней, формирование листового аппарата и корнеплода у всех сортов дайкона в условиях Чеченской Республики проходят в год посева, до наступления морозов.

Циркадные часы растений как внутренние хронометры контролируют суточные и сезонные изменения многих ритмических процессов в соответствии с продолжительностью дня и световым периодом [16]. Фотопериодический контроль цветения связан с циркадными часами посредством транскрипционной экспрессии CO, который модулирует время цветения растений и инициирует развитие цветков [17]. Сообщалось, что экспрессия CO регулируется циркадными часами, а пик экспрессии приходится на конец дня в условиях длинного дня [16, 18].

У дайкона стеблевание и цветение – неотъемлемые фазы полного жизненного цикла. При длинном дне (более 16 ч) растения быстро переходят в фазу генеративного развития. Преждевременное стеблевание ограничивает вегетативный рост и снижает урожайность и качество товарных корнепло-

дов. В наших исследованиях при посеве семян 3.07 при схемах 35x10 см и 45x10 см у сортов Саша и Дубинушка количество растений, перешедших в фазу стеблевания, зафиксировано в пределах 15% (табл. 2).

У сорта Дракон при посеве семян 17.07 при всех изученных схемах посева не отмечено растений, перешедших в фазу стеблевания. Установлено, что при посеве 31.07 при всех схемах посева семян все изученные сорта дайкона 100% сформировали корнеплоды, что положительно сказалось на формировании высокой продуктивности.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что прохождение растениями дайкона фаз развития в условиях удлинения фотопериода до 16-17 ч приводит к формированию цветущих растений. И, наоборот, развитие растений дайкона в условиях сокращенного фотопериода 12-13 ч способствует образованию стандартных корнеплодов. Наши исследования согласуются с предыдущими исследованиями, где в условиях Нижнего Поволжья цветущность растений дайкона находилась в пределах от 0 до 4% [19].

Научное овощеводство показывает важность срока посева семян и подбора сортов при возделывании овощных культур, включая периоды вегетативного и репродуктивного роста, а также баланс между ними, влияющий на урожайность [20, 21]. Оптимальные сроки сева позволяют уменьшить негативное влияние абиотических и биотических факторов на количе-

**Таблица 2. Устойчивость различных сортов дайкона к преждевременному стеблеванию в зависимости от сроков посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания, балл (среднее за 2017-2019 годы)**  
**Table 2. Resistance of various varieties of daikon to premature stemming, score (average for 2017-2019)**

Сорт	Дата посева	Устойчивость к стеблеванию, балл		
		35x10 см	45x10 см	70x10 см
Саша	3.07	3	3	2
	17.07	2	2	1
	31.07	1	1	1
Дубинушка	3.07	3	3	2
	17.07	2	2	2
	31.07	1	1	1
Дракон	3.07	2	2	2
	17.07	1	1	1
	31.07	1	1	1
Фаворит	3.07	2	2	2
	17.07	2	2	1
	31.07	1	1	1
Московский богатырь	3.07	2	2	2
	17.07	2	1	1
	31.07	1	1	1

Таблица 3. Биометрические показатели розетки листьев дайкона в зависимости от сроков, схем посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания (среднее за 2017-2019 годы)  
Table 3. Biometric indicators of the rosette of daikon leaves depending on the timing, sowing patterns and varietal characteristics during the summer-autumn period of cultivation (average for 2017-2019)

Сорт	Дата посева	Высота розетки листьев, см			Число листьев, шт./растение		
		35x10 см	45x10 см	70x10 см	35x10 см	45x10 см	70x10 см
Саша	3.07	33,2	39,1	45,3	6,6	7,4	8,5
	17.07	37,5	42,2	46,4	6,9	7,7	8,9
	31.07	39,0	43,1	47,3	6,9	7,8	9,0
Дубинушка	3.07	38,5	48,0	51,1	8,4	9,2	11,5
	17.07	42,6	52,7	55,2	8,6	9,3	12,0
	31.07	40,7	45,9	50,1	8,8	9,8	11,9
Дракон	3.07	37,5	47,5	50,5	8,2	9,0	11,0
	17.07	41,5	51,5	54,5	8,5	8,6	10,5
	31.07	39,5	44,5	50,5	8,3	8,4	10,0
Фаворит	3.07	37,3	47,0	50,3	8,1	8,8	10,8
	17.07	41,2	51,0	54,3	8,3	8,4	9,8
	31.07	39,5	44,3	50,3	8,2	8,4	10,3
Московский богатырь	3.07	46,2	55,8	57,2	8,9	10,3	13,1
	17.07	48,7	58,5	60,0	10,5	11,4	14,1
	31.07	47,5	56,8	59,4	10,0	11,0	13,5
Среднее	-	40,7	48,5	52,2	8,3	9,0	11,0
Стандартное отклонение	-	4,2	5,7	4,5	1,1	1,2	1,7

ство и качество урожая. Производители часто изменяют сроки посева для лучшего роста растений и достижения высокой урожайности [22, 23]. Срок посева семян также корректируется, чтобы синхронизировать время сбора урожая с рыночным спросом [24, 25]. Оптимальная схема размещения растений корнеплодных овощных культур необходима для эффективного использования растениями света, питательных веществ и воды [26].

Выбор сорта для посева в оптимальные сроки является ключевым фактором успешного производства дайкона. Биометрические показатели надземной части растений дайкона в зависимости от сроков, схем посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания представлены в таблице 3.

По величине стандартного отклонения (табл. 3) видно, что увеличение схемы посева семян ведет к неоднозначному изменению характера его влияния на растения дайкона.

Величина стандартного отклонения высоты розетки листьев варьировала от 4,2 (35x10 см) до 5,7 (45x10 см). Эта же величина для числа листьев лежит в диапазоне от 1,1 (35x10 см) до 1,7 (70x10 см). В целом, равномерность высоты розетки листьев несколько повышалась при схеме посева семян 35x10 см, хотя максимальное число листьев у всех сортов отмечено при схеме посева 70x10 см, однако этот признак был стабильным при схеме посева 35x10 см. Выявлено, что в среднем с увеличением площади питания растений высота розетки листьев и число листьев увеличивались.

Также отмечена различная сортовая специфика изменчивости высоты розетки листьев и числа листьев в зависимости от срока посева семян. Наши данные согласуются с результатами исследований В.Ф. Пивоварова и др. [27], где у редиса сезонная изменчивость специфична для различных признаков: по признакам "масса корнеплода", "число листьев", "ширина пластинки листа" большая дифференциация гено-

Таблица 4. Биометрические показатели корнеплодов дайкона в зависимости от сроков, схем посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания (2017-2019 годы)  
Table 4. Biometric indicators of daikon roots depending on the timing, sowing patterns and varietal characteristics during the summer-autumn period of cultivation (2017-2019)

Сорт	Дата посева	Длина корнеплода, см			Диаметр корнеплода,			Масса корнеплода, г		
		35x10 см	45x10 см	70x10 см	35x10 см	45x10 см	70x10 см	35x10 см	45x10 см	70x10 см
Саша	3.07	5,8	5,6	5,5	5,9	5,7	5,5	105,7	98,3	94,7
	17.07	5,8	5,6	5,8	5,9	5,8	5,6	118,1	103,8	105,1
	31.07	6,5	6,0	5,7	6,6	6,3	5,7	140,4	117,9	101,5
Дубинушка	3.07	32,3	36,9	38,2	4,8	5,2	6,3	80,5	189,4	357,2
	17.07	35,1	37,2	40,1	5,0	5,4	6,5	112,0	225,3	406,7
	31.07	31,8	36,3	37,6	4,9	5,1	6,1	94,5	175,8	343,5
Дракон	3.07	17,1	19,2	21,9	2,1	2,4	4,8	73,5	171,2	301,0
	17.07	18,0	20,4	23,5	2,3	3,0	5,6	91,2	211,5	434,2
	31.07	17,4	21,3	22,6	2,2	2,7	5,0	80,8	148,6	336,4
Фаворит	3.07	6,9	7,5	19,4	2,7	3,0	5,5	94,9	130,7	350,1
	17.07	6,9	7,6	19,6	2,7	3,1	5,6	95,0	144,1	399,0
	31.07	7,1	7,7	19,2	2,8	3,2	5,3	112,4	157,8	322,3
Московский богатырь	3.07	33,4	40,5	50,2	5,1	5,6	6,2	143,7	283,6	504,7
	17.07	33,0	38,6	48,8	5,0	5,4	6,0	133,3	261,4	448,3
	31.07	32,8	37,4	43,2	4,8	5,1	5,7	126,1	180,2	294,1



**Рис. 2. Корнеплоды дайкона сорта Московский богатырь (опытное поле ЧНИИСХ)  
Fig. 2. Daikon root crops of the Moskovsky Bogatyr variety (experimental field of the Chechen Research Institute of Agriculture)**

типов наблюдается при взаимодействии "генотип – срок посева".

Аналогичная тенденция отмечена и по биометрическим показателям корнеплодов дайкона в зависимости от сроков, схем посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания (табл. 4).

У сорта Саша масса корнеплода, полученного при посеве 3.07, при всех схемах посева оказалась наименьшей (84,1-98,3 г) по сравнению со сроком посева 31.07 (101,5-140,4 г). При этом максимальная масса (140,4 г) получена при посеве 31.07 при схеме 70x10 см за счет наибольшего диаметра корнеплода (6,6 см) и его высоты (6,5 см).

Максимальную массу корнеплода при посеве 31.07 при схеме посева 35x10 см сформировали сорта Дубинушка (406,7 г), Дракон (434,2 г), Фаворит (399,0 г). У сорта Московский богатырь (рис. 2) этот показатель установлен на уровне 504,7 г при посеве 3.07 при схеме 70x10 см.

Многочисленными исследованиями установлено, что оптимальным сроком посева семян дайкона для большей части территории нашей страны принято считать начало июля, когда влияние продолжительности светового дня практически отсутствует, а температура редко понижается до 10°C даже в ночное время. Однако такой срок посева семян значительно уменьшает период активной вегетации растений, препятствуя реализации их потенциальной продуктивности. При посеве в июле урожайность корнеплодов в Нечерноземье на опытных делянках достигает для лучших сортов и гибридов 10-11 кг/м<sup>2</sup> [28, 29]. Что касается урожайности в открытом грунте, в условиях Московской области она составляет до 60 т/га [30], северных регионов России – всего лишь 12-18 т/га в зависимости от сорта и агротехники [31]. В южных регионах страны урожайность зафиксирована на уровне от 20 т/га [32] до 75 т/га [10], южного Казахстана – 30-105 т/га [33]. Эти данные свидетельствуют о том, что потенциальные возможности растений дайкона не реализуются полностью. В наших исследованиях на урожайность товарных корнеплодов изучаемых сортов дайкона большое влияние оказали сортовая принадлежность, сроки сева и схема размещения растений (табл. 5).

Максимальная урожайность корнеплодов (29,0 т/га) и товарность (65%) раннеспелого сорта Саша получена при сроке посева 31.07 и схеме 35x10 см (НСР<sub>05</sub>=1,77 т/га). Растения сорта Саша имеют небольшую площадь листовой поверхности и относительно небольших размеров корнеплоды, поэтому для него оптимально размещение большего числа растений на единицу площади.

Сорта Дубинушка, Дракон, Фаворит и Московский богатырь наиболее высокую урожайность с высокой товарностью

**Таблица 5. Урожайность корнеплодов дайкона в зависимости от сроков, схем посева и сортовых особенностей при летне-осеннем сроке выращивания (среднее за 2017-2019 годы)  
Table 5. The yield of daikon root crops depending on the timing, sowing patterns and varietal characteristics during the summer-autumn growing period (2017-2019)**

Сорт (фактор А)	Дата посева (фактор В)	Товарность, %	Урожайность, т/га		
			схема посева (фактор С)		
			35x10 см	45x10 см	70x10 см
Саша	3.07	52	24,3	21,5	14,7
	17.07	57	26,0	23,4	15,6
	31.07	65	29,0	26,1	20,4
Дубинушка	3.07	58	23,3	42,2	51,0
	17.07	68	32,7	50,4	58,1
	31.07	52	27,5	39,2	49,4
Дракон	3.07	52	21,3	38,5	43,2
	17.07	76	26,8	47,4	62,3
	31.07	56	23,7	33,6	48,2
Фаворит	3.07	54	27,1	29,4	50,5
	17.07	68	27,6	32,5	57,3
	31.07	64	32,4	35,8	46,4
Московский богатырь	3.07	70	41,5	63,0	72,3
	17.07	57	38,2	58,9	64,5
	31.07	41	36,7	40,1	42,7
Фактор А (сорт) НСР <sub>05</sub>			1,77		
Фактор В (дата посева) НСР <sub>05</sub>			1,72		
Фактор С (схема посева) НСР <sub>05</sub>			1,72		
Взаимодействие факторов А и В НСР <sub>05</sub>			2,53		
Взаимодействие факторов А и С НСР <sub>05</sub>			2,53		
Взаимодействие факторов В и С НСР <sub>05</sub>			2,34		
Взаимодействие факторов А, В и С НСР <sub>05</sub>			3,52		

корнеплодов формировали при схеме посева 70x10 см. Эти сорта имеют мощную надземную и подземную массу, при схемах посева 35 x 10 см и 45 x 10 см затеняют друг друга, что отрицательно сказывается на образовании корнеплода. Аналогичные результаты получены и в исследованиях Юриной, Медведевой; Швецовоной и др. [34, 35] для дайкона: лучшей площадью питания была 70x10 см при густоте стояния 142,8 тыс. раст./га. Однако наибольшую урожайность корнеплодов сорта Дубинушка, Дракон, Фаворит сформировали при сроке посева 17.07 (58,1, 62,3 и 57,3 т/га соответственно), а сорт Московский богатырь – при сроке посева 3.07 (72,3 т/га).

### Выводы

В условиях предгорной зоны Центрального Предкавказья изученные сорта дайкона способны формировать высокие урожаи корнеплодов, однако реализация потенциальных ресурсов возможно только за счет совершенствования эффективной технологии их возделывания, в том числе и сроков, и схем посева семян. В целом для всех испытанных сортов дайкона для получения наибольшей массы корнеплода оптимальна схема посева 70x10 см, кроме сорта Саша, для которого оптимальная схема посева составляет 35x10 см. Наилучшим сроком посева для раннеспелого сорта Саша является 31.07; среднеспелых Дубинушка, Дракон и Фаворит – 17.07; среднепозднего сорта Московский богатырь – 3.07.

**Об авторах:**

**Магомед Шиблуевич Гаплаев** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, автор для переписки, gaplaev63@list.ru  
**Израил Алиевич Гучериев** – научный сотрудник отдела овощеводства, chechniish@mail.ru

**About the Authors:**

**Magomed Sh. Gaplaev** – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, Correspondence Author, gaplaev63@list.ru  
**Izrail A. Guceriev** – researcher of the vegetable growing department, chechniish@mail.ru

## • Литература

- Kim S., Woo M., Kim M., Noh J.S., Song Y.O. Hot water extracts of pressure-roasted dried radish attenuates hepatic oxidative stress via Nrf2 upregulation in mice fed high-fat diet. *Food Sci. Biotechnol.* 2017;(26):1063–1069.
- Миронов А.А. Селекция F<sub>1</sub> гибридов редьки черной. *Доклады ТСХА.* 2020. С. 357-360. EDN GHIGLK.
- Gamba M., Asllanaj E., Raguindin P.F., Glisic M., Franco O.H., Minder B., Bussler W., Metzger B., Kern H., Muka T. Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review. *Trends in Food Science & Technology.* 2021;(113):205-218.
- Martre P., Quilot-Turion B., Luquet D., Ould-Sidi M., Chenu K., Debaeke P. Model assisted phenotyping and ideotype design. *Crop physiology (2nd ed). Applications for genetic improvement and agronomy.* (Eds. D. Calderini, V.O. Sadras). Academic Press, 2015. P. 349–373.
- Isaacs K.B., Snapp S.S., Kelly J.D., Chung K.R. Farmer knowledge identifies a competitive bean ideotype for maize-bean intercrop systems in Rwanda. *Agriculture & Food Security.* 2016;(5):15.
- Barot S., Allard V., Cantarel A., Enjalbert J., Gauffreteau A., Goldringer I., Lata J.C., Le Roux X., Niboyet A., Porcher E. Designing mixtures of varieties for multi-functional agriculture with the help of ecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 2017;37(2):13.
- Burstin J., Rameau C., Bourion V., Tayeh N. The PeaMUST project: defining ideotypes for the pea crop development. *OCL.* 2018;25(6):604.
- Anten N.P., Vermeulen P.J. Tragedies and crops: understanding natural selection to improve cropping systems. *Trends in Ecology & Evolution.* 2016;(31):429–439.
- Shanda V.I., Yevtushenko E.O., Voroshilova N.V., Malenko Y.V. Agrophycogenology: aspects of theory, methodology and related sciences. Monograph. KryvyiRih State Pedagogical University, 2017. P. 105–110.
- Gaplaev M.S., Terekbaev A.A., Madaev A.A., Eldarov I.B. Root Crops and Daikon Seeds Yield in Relation to Sowing Time, Methods of Cultivation and Cultivar Features in Conditions of the North-Eastern Caucasus. *KnE Life Sciences.* 2019;4(14):904–911.
- Thuy L.T., Young I.S., Farooq M., Lee D.-J. Productivity and nutritional quality of radish under different planting geometry. *Journal of Applied Horticulture.* 2020;22(2):164-168.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.; Колос. 1985. С. 415-418.
- Горовава Т.К., Куликова Н.М., Кирюхина Н.М. Научно-практические подходы селекции и семеноводства вида *Raphanus sativus* L. (редька, редис). Киев, 2008. 104 с.
- Hessayon D.G. Vegetable expert. publications, Britannica house, Waltham cross. Herts, England, 1985. P.24-25.
- Singh V.K., Yadav D.S. Effect of sowing dates and plant density of dwarf field peas. *Indian J. Agro.* 1989;34(1):92-95.
- McClung C.R. Plant circadian rhythms. *Plant Cell.* 2006;(18):792–803.
- Johansson M., Staiger D. Time to flower: interplay between photoperiod and the circadian clock. *J. Exp. Bot.* 2015;(66):719–730.
- Jung W.Y., Park H.J., Lee A., Lee S.S., Kim Y.-S., Cho H.S. Identification of Flowering-Related Genes Responsible for Differences in Bolting Time between Two Radish Inbred Lines. *Front. Plant Sci.* 2016;(7):1844.
- Земскова Ю.К., Савченко А.В. Изучение разных сроков посева при выращивании дайкона, редьки и репы в условиях Нижнего Поволжья. *Аграрный научный журнал.* 2015;(8):25-28. EDN UDJQPB.
- Sandler L., Nelson K.A., Dudenhoefter C.J. Radish planting date and nitrogen rate for cover crop production and the impact on corn yields in upstate Missouri. *J. Agri. Sci.* 2015;7(6):1-13.
- Dongarwar L.N., SumedhKashiwar R., Ghawade S.M., Usha R. Dongarwar Performance of Different Radish (*Raphanus sativus* L.) Varieties in Black Soils of Vidharbha-Maharashtra. *International Journal of Plant & Soil Science.* 2017;20(5):1-9.
- Priyanka M., Swarajya Lakshmi K., SyamSundar Reddy P., Srinivasa Reddy D., Bala Krishna Sri M. Interaction Effect of Varieties and Sowing Dates on Growth and Quality of Radish in Southern Agro Climatic Zone of Andhra Pradesh. *Int. J. Pure App. Biosci.* 2018;6(5):227-231.
- Amur A.H., Al-Juboori Shamil Y.H., Al-Hamdani M., Hamdon M. Effect of sowing date on growth and yield of four radish (*Raphanus sativus* L.) varieties. *Mesopotamia J. of Agric.* 2019;47(2):113-116.
- Бохан А.И., Опимак В.В. Результаты оценки коллекционных сортообразцов дайкона по комплексу хозяйственно ценных признаков. *Овощи России.* 2013;(3):25-27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-25-27>. EDN RBJTML.
- Jyrwa E.K., Mehera Dr.B. Influence of Date of Sowing on Growth and Yield of Different Varieties of Radish (*Raphanus sativus* Linn.) Under Allahabad Agro Climatic Conditions. *International Journal of Science and Research.* 2018;7(6):199-200.
- Azizur R., Nawab A. Effect of plant spacing and sowing time on yield in turnip (*Brassica campestris* cv. Purple Top) crop. *Sarhad J. Agri.* 2000;16(6):575-579.
- Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Балашова Н.Н. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений (на примере овощных культур). М., 1994. 248 с.
- Старцев В.И., Сычев С.М. Агрэкологические принципы интродукции дайкона. *Аграрная наука.* 1997;(5):36-37. EDN VFXXDHZ.
- Пивоваров В.Ф., Сычев С.М., Сафонов Е.А. Новая овощная культура Российской Нечерноземья. *Аграрная наука.* 2002;(1):30-35. EDN WXRNDV.
- Борисов В.А., Гренадеров Н.В., Скрипник А.В. Эффективность применения борных удобрений под капусту и столовые корнеплоды. *Картофель и овощи.* 2009;(1):16. EDN TFNTGR.
- Борисов В.А., Палкина И.В. Оптимизация основных элементов технологии выращивания японской редьки (дайкона) в Северо-Восточном регионе. Труды III Междун. симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования», 21-25 июня 1999 г. Пушчино. Т. III. С.125.
- Земскова Ю.К., Дементьева Е.В. Изучение исходного материала для селекции дайкона и редьки - лобы в условиях Саратовской области. *Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова.* 2010;(12):8-11. EDN NBNOJJ.
- Ахметова Ф.С. Технология производства товарного корнеплода дайкона в условиях Южного Казахстана. Аграрная наука: достижения и перспективы. Межд. науч.-практ. конф. Ташкент. 2002. С. 98.
- Юрина А.В., Медведева Н.А. Влияние площади питания растений дайкона на морфологические характеристики и урожайность. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы V Междун. симпозиума 9-14 июля 2003 г. Пушчино. М.: РУДН. 2003. Т. 3. С. 15-186.*
- Швецов А.М., Федоров А.В., Папонов А.Н. Дайкон – перспективная культура для Нечерноземной зоны. *Картофель и овощи.* 2006;(6):20. EDN HYIYPV.

## • References (In Russ.)

- Mironov A.A. Selection of F<sub>1</sub> hybrids of black radish. *Reports MTAА.* 2020. P. 357-360. EDN GHIGLK.
- Dospikhov B.A. Methods of field experience. М., 1985, pp. 415-418.
- Gorovaya T.K., Kulikova N.M., Kiryukhina N.M. Scientific and practical approaches to breeding and seed production of the species *Raphanus sativus* L. (radish, radish). Kyiv, 2008. 104 p.
- Zemskova Yu.K., Savchenko A.V. Study of different planting dates in growing of daikon, radishes and turnips in a Lower Volga Region. *The Agrarian Scientific Journal.* 2015;(8):25-28. EDN UDJQPB.
- Bochan A.I., Opimach V.V. Estimation of the collection varieties of daikon for the complex of the agronomical valuable traits in condition of Belorussia. *Vegetable crops of Russia.* 2013;(3):25-27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-25-27>. EDN RBJTML.
- Pivovarov V.F., Dobrutskaia E.G., Balashova N.N. Ecological selection of agricultural plants (on the example of vegetable crops). М., 1994. 248 p.
- Startsev V.I., Sychev S.M. Agroecological principles of daikon introduction. *Agrarian science.* 1997;(5):36-37. EDN VFXXDHZ.
- Pivovarov V.F., Sychev S.M., Safonov E.A. A new vegetable culture of the Russian Non-Black Earth Region. *Agrarian science.* 2002;(1):30-35. EDN WXRNDV.
- Borisov V.A., Grenaderov N.V., Skripnik A.V. The effectiveness of the use of boron fertilizers for cabbage and table root crops. *Potato and vegetables.* 2009;(1):16. EDN TFNTGR.
- Borisov V.A., Palkina I.V. Optimization of the main elements of the Japanese radish (daikon) cultivation technology in the North-Eastern region. Proceedings of III Intern. Symposium "New and non-traditional plants and prospects for their use", June 21-25, 1999, Pushchino. Т. III. P.125.
- Zemskova Ju.K., Dementyeva E.V. Studying of the initial material for selection of daikon and radishes-loba in the conditions of the Saratov Region. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University N.I. Vavilov.* 2010;(12):8-11. (In Russ.) EDN NBNOJJ.
- Akhmetova F.S. Production technology of marketable daikon root in the conditions of South Kazakhstan. *Agrarian science: achievements and prospects.* Int. scientific-practical. conf. Tashkent. 2002, p. 98.
- Юрина А.В., Медведева Н.А. Influence of the feeding area of daikon plants on morphological characteristics and productivity. New and non-traditional plants and prospects for their use: materials of the V Intern. Symposium July 9-14, 2003 Pushchino. Moscow: RUDN. 2003. Т. 3. P. 15-186.
- Shvetsov A.M., Fedorov A.V., Paponov A.N. Daikon is a promising crop for the Non-Chernozem Zone. *Potato and vegetables.* 2006;(6):20. EDN HYIYPV.

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-67-72>  
УДК 635.64:631.526.32(470.67)

П.М. Ахмедова

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

\*Автор для переписки: apm64@mail.ru

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

**Благодарности.** Выражаю глубокую благодарность и признательность автору сортов кандидату с.-х. наук, вед. науч. сотруднику лаб. селекции и семеноводства паслёновых культур ФГБНУ ФНЦО Кондратьевой И.Ю. за представленный семенной материал. Также выражаю благодарность и.о. директора ФАНЦ РД Ниматулаеву Н.М. за помощь в проведении настоящих исследований, за советы по выбору сортов, именно, отечественной селекции, пригодные не только для равнинной зоны, но и для предгорного Дагестана.

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

**Для цитирования:** Ахмедова П.М. Раннеспелые сорта томата открытого грунта отечественной селекции в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. *Овощи России*. 2023;(3):67-72. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-67-72>

Поступила в редакцию: 29.03.2023

Принята к печати: 24.04.2023

Опубликована: 09.06.2023

Patimat M. Akhmedova

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

\*Correspondence Author: apm64@mail.ru

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task according to the thematic plan of the FARC RD Horticulture and viticulture on the topic FNMN-2022-0009 "Creation of new varieties of fruit crops adapted to environmental stress factors, development and development of environmentally friendly and competitive systems for the production and processing of fruits, vegetables and potatoes".

**Acknowledgements.** I express my deep gratitude and appreciation to the author of the varieties, Cand. Sci. Kondratieva I.Yu. for the presented seed material. I also express my gratitude to the acting Director of the FARC RD Nimatulaev N.M. for help in conducting this research, for advice on the choice of varieties, namely, domestic selection, suitable not only for the flat zone, but also for the foothills of Dagestan.

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

**For citations:** Akhmedova P.M. Early-maturing varieties of open-ground tomato of domestic breeding in the conditions of the Tersko-Sulak sub-province of Dagestan. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):67-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-67-72>

Received: 29.03.2023

Accepted for publication: 24.04.2023

Published: 09.06.2023

## Раннеспелые сорта томата открытого грунта отечественной селекции в условиях Терско-Сулакской подпровинции Дагестана



### Резюме

**Актуальность.** Дагестан – это зона благополучного земледелия, отличающая достатком тепла, солнца и орошением в равнинной зоне. Томат занимает особое место среди овощных культур в мире, в том числе и в Республике Дагестан. Детерминантные сорта сейчас – самые распространенные в производстве томата, особенно в открытом грунте.

**Основные зоны специализированного выращивания томата открытого грунта сосредоточены в Кизлярском и Дербентском районах равнинной Дагестана. В этих районах высокие среднесуточные температуры для формирования и созревания плодов томата в избытке, что благоприятно отражается в общей продуктивности кустов. Тогда как в предгорном Дагестане недостаточные ресурсы тепла не позволяют выращивать сорта томата с длинным вегетационным периодом. В предгорной части республики большой трудовые ресурсы потенциал, овощеводство, как трудоемкий вид агробизнеса, выступает сферой занятости для значительной части сельского населения. Спрос на сорта томата с коротким вегетационным периодом в этой части республики велик.**

**Материал и методика.** Исследования проводили на базе ФГБНУ ФАНЦ РД в Терско-Сулакской подпровинции – Кизлярском районе. Почва опытного участка аллювиально-луговая, средне-солончаковая, по механическому составу среднесуглинистая. Агротехника – общепринятая в Республике Дагестан для культуры томата.

**Результаты.** Методом для исследования служили новые полустамбовые сортообразцы селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИССОК): Факел (контроль), Благодатный, Викинг, Восход ВНИССОКа, Магнат, Северянка, Содружество, Перст, Патрис. По срокам созревания образцы разделились на три группы: очень ранние – Северянка, Благодатный, Магнат, Восход ВНИССОКа (97-100 дней); ранние – Патрис, Викинг, Перст (102-105 дней); среднеранние – Содружество, Факел (111-114 дней). По типу куста нами выделено 5 обыкновенных и полустамбовых образцов высотой не более 78 см. Два образца имели высоту 50,53 см (Патрис, Перст) и среднюю массу плода 72 и 60 г. Три образца имели высоту 70, 71, 72 см (Восход ВНИССОКа, Благодатный, Содружество) и среднюю массу плода 107, 110, 130 г. По выходу валовой продукции лучшие показатели имели сорта: Благодатный – 86,3; Восход ВНИССОКа – 82,7; Содружество – 77,6 т/га; Патрис – 68,2 т/га. Высокий выход товарной продукции имели сорта: Восход ВНИССОКа, Патрис-92%; Благодатный – 91%; Перст – 90%. Сорта также отличаются сравнительно высоким показателем сухого вещества 5,3-6,4%.

**Ключевые слова:** томат, сорта, фенология, вегетационный период, раннеспелость, урожайность, масса плода, сухое вещество

## Early-maturing varieties of open-ground tomato of domestic breeding in the conditions of the Tersko-Sulak subprovincion of Dagestan

### Abstract

**Relevance.** Dagestan is a zone of prosperous agriculture, distinguished by the abundance of heat, sun and irrigation in the plain zone. Tomatoes occupy a special place among vegetable crops in the world, including in the Republic of Dagestan. Determinant varieties are now the most common in the production of tomatoes, especially in the open ground. The main areas of specialized cultivation of tomatoes in the open ground are concentrated in the Kizlyar and Derbent districts of plain Dagestan. In these areas, there are high average daily temperatures for the formation and ripening of tomato fruits in excess, which is favorably reflected in the overall productivity of the bushes. Whereas in the foothills of Dagestan, insufficient heat resources do not allow growing tomato varieties with a long growing season. In the foothill part of the republic there is a large labor-resource potential, vegetable growing, as a labor-intensive type of agribusiness, acts as a sphere of employment for a significant part of the rural population. The demand for tomato varieties with a short growing season in this part of the republic is great.

**Methods.** The research was carried out on the basis of the Tersko - Sulak subprovincion of the FGBNU of the FANC RD of the Kizlyar district. The soil of the experimental site is alluvial-meadow, medium-saline, medium loamy in mechanical composition. Agrotechnics is generally accepted in the Republic of Dagestan for tomato culture.

**Results.** The method for the study was the new semi-stamp cultivars of FGBNU FNCO (VNISSOK) selection: Fakel (counter), Blagodatny, Viking, Voskhod VNISSOKa, Magnat, Severyanka, Sodruzhestvo, Perst, Patrice. According to the maturation dates, the samples were divided into three groups: very early – Severyanka, Blagodatny, Magnat, Voskhod VNISSOK (97-100 days); early – Patrice, Viking, Perst (102-105 days); middle-early – Sodruzhestvo, Fakel (111-114 days). According to the type of bush, we have identified 5 ordinary and semi-lamb samples with a height of no more than 78 cm. Two samples had a height of 50-53 cm (Patrice, Perst) and an average fetal weight of 72 and 60 g. Three samples had a height of 70, 71, 72 cm (Voskhod VNISSOKa, Blagodatny, Sodruzhestvo) and an average fetal weight of 107, 110, 130 g. According to the output of gross output, the best indicators were of the following varieties: Blagodatny – 86.3; Voskhod VNISSOKa – 82.7; Sodruzhestvo – 77.6 t/ha; Patrice – 68.2 t/ha. The following grades had a high yield of marketable products: Voskhod VNISSOKa, Patrice – 92%; Blagodatny – 91%; Perst – 90%. The varieties also have a relatively high dry matter index of 5.3-6.4%.

**Keywords:** tomato, varieties, phenology, growing season, early maturity, yield, fruit weight, dry matter.

**Введение**

Почвенно-климатические условия Республики Дагестан позволяют возделывать широкий ассортимент овощных и бахчевых культур, получать продукцию из открытого грунта почти в течение круглого года. В соответствии с многообразием рельефа и почвенно-климатическими условиями территория республики делится на три зоны: равнинную (низменную), предгорную и горную. Томат наиболее распространен в низменных и предгорных районах республики, занимая 60% посевных площадей и составляя 75% от валового сбора овощей. Условия низменного Дагестана позволяют успешно возделывать томат в открытом грунте и регулировать поступление продукции с набором сортов разной спелости [1]. В предгорном Дагестане недостаточные ресурсы тепла не позволяют выращивать сорта томата с длинным вегетационным периодом.

Вовлечение полуштамбовых форм в селекционную работу, при подборе родительских пар и на основе простых моногибридных и дигибридных скрещиваний дадут возможность получать серию гибридов с короткими межфазными периодами для зон с низкими среднесуточными температурами [2].

Для получения ранней продукции в наибольшей степени подходят сорта и гибриды с небольшим габитусом растений, коротким периодом до начала созревания в пределах 90–95 дней, высокой дружностью созревания, плодами среднего размера, массой 120–150 г, округлой формы, ярко-красной окраски, устойчивые к вершинной гнили, альтернариозу,

толерантные к столбуру, с высокими вкусовыми качествами, лежкими и транспортабельными. При уменьшении посевных площадей в большинстве краев и областей юга России, в таких регионах, как Астраханская область и Республика Дагестан, наблюдается их рост [3].

Главный критерий оценки любого сорта – величина урожая и его качество. В жестких рыночных условиях товаропроизводителей интересует не просто биологическая урожайность сорта, а выход с единицы площади высококачественной стандартной продукции. Энергосберегающие технологии должны предусматривать использование сортов с урожаем высокой стандартности и хорошими химико-технологическими показателями плодов [4, 5].

Детерминантные сорта характеризуются ранним заложением первого соцветия, ранним получением продукции, меньшим количеством листьев.

Отмечено, что плоды штамбовых сортов обычно имеют более плотную мякоть, чем плоды растений обычного роста, поэтому они более лежкие и транспортабельные. Зрелые томаты хранятся до 1 месяца, бурые – до 2 месяцев [6].

Значение исходного материала в селекции любой культуры, в том числе томата, огромно. Это важно при создании наследственного разнообразия и при отборе высокопродуктивных форм с комплексом ценных признаков и свойств, определяющих адаптивность к местным почвенно-климатическим условиям [7].

**Цель исследований:** испытание новых сортообразцов томата отечественной селекции в условиях Дагестана с детерминантным типом куста, а также выделение доноров с ценными признаками для их дальнейшего использования в селекции томата.

**Методика и условия проведения исследований**

Экспериментальную работу проводили на базе ФГБНУ ФАНЦ в Кизлярском районе Терско-Сулакской подпровинции РД.

**Объекты исследований** – полуштамбовые образцы томата селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК).

Почва опытного участка аллювиально-луговая, среднесолончаковая, по механическому составу среднесуглинистая, гумуса в пахотном слое 2,8-3,0%; азот гидролизующий – 3,5-3,7 мг на 100 г; подвижного фосфора P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,8-3,5 мг и обменного калия – 37-43 мг на 100 г почвы; сумма поглощенных оснований – 50 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 98-99%; pH солевой – 7,0.

Закладку полевых опытов проводили согласно Методическим указаниям по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта (1986) [8].

Методика полевого опыта в овощеводстве [9].

Описание растений томата по морфологическим признакам и фенологии развития проводили согласно «Методическим указаниям по апробации овощных и бахчевых культур» [10].

Уборку урожая томата проводили вручную. Учет урожая проводили методом взвешивания всего урожая с учетной делянки.

Варианты опыта (сорта томата): Факел (контр.), Благодатный, Викинг, Восход ВНИИССОКа, Магнат, Северянка, Содружество, Перст, Патрис.

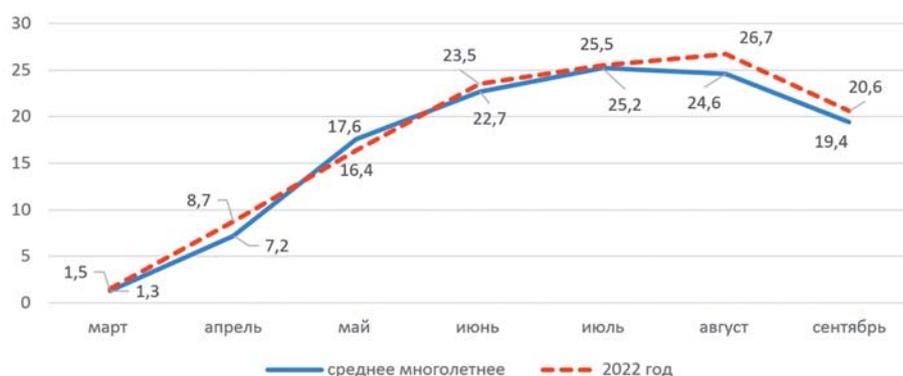
Исследуемые сортообразцы томатов были посажены коллекционным методом, рассадным способом.

Схема посадки 150x25, количество вариантов 9, повторность 3-кратная, площадь учетной делянки – 15 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов – систематическое. Общая площадь под опытом 750 м<sup>2</sup>.

Предшественник – озимая пшеница. Агротехника – общепринятая в Республике Дагестан для культуры томата.

В открытый грунт высаживали 45-50-дневную рассаду. Высадку проводили вручную.

Метеорологические наблюдения проводили с учетом периодов роста и развития изучаемой культуры.



**Рис. 1. Температура воздуха в период вегетации, С°**  
**Fig. 1. Air temperature during the growing season, С°**

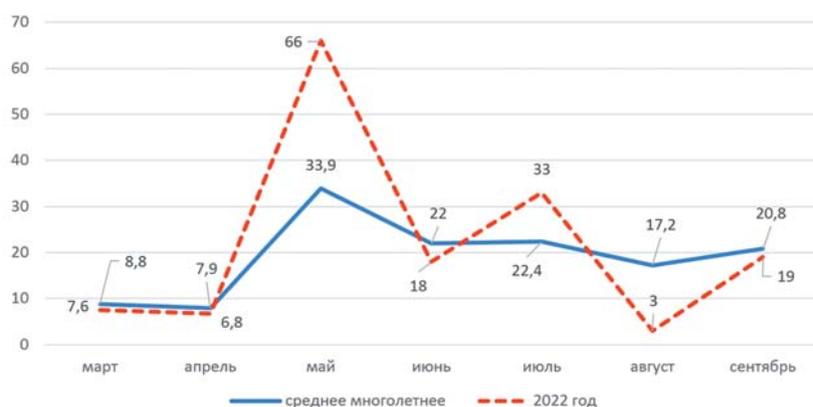


Рис. 2. Количество выпавших осадков период вегетации, мм  
Fig. 2. The amount of precipitation during the growing season, mm

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты наших исследований показали, что по продолжительности периода от всходов до начала созревания, исследуемые сорта можно разделить на 3 группы (табл. 1).

Очень ранние: Северянка, Благодатный, Магнат, Восход ВНИИССОКа (97-100 дней).

Ранние: Патрис, Викинг, Перст (102-105дней).

Среднеранние: Содружество, Факел (110-114 дней).

Разница между сортами по продолжительности периода «всходы – цветение» составила 1-9 дней. Наиболее длительным (59 суток) этот период оказался у сортов Содружество и Факел. Различие между сортами проявляется и в продолжительности периода «цве-

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов у изучаемых сортов томата  
Table 1. Duration of interphase periods in the studied tomato varieties

№ пп	Сорта	Всходы – цветение	Цветение – созревание	Всходы – созревание
<b>Очень ранние</b>				
1.	Северянка	54	43	97
2.	Благодатный	51	48	99
3.	Магнат	56	44	100
4.	Восхо Восход ВНИИССОКа	52	48	100
<b>Ранние</b>				
5.	Патрис	57	45	102
6.	Викинг	53	50	103
7.	Перст	58	47	105
<b>Среднеранние</b>				
8.	Содружество	59	52	111
9.	Факел (контр.)	59	55	114

Таблица 2. Показатели морфологических признаков детерминантных сортов томата  
Table 2. Indicators of morphological traits of determinant tomato varieties

№ п/п	Сорт	Высота главного стебля, см	Число побегов, шт.	Число листьев, шт.	Число листьев до 1-ой кисти, шт.	Число кистей, шт.	Число завязей и плодов, шт.
<b>Очень ранние</b>							
1.	Северянка	60	9	46	4,1	14	48
2.	Благодатный	71	12	48	4,5	16	66
3.	Магнат	47	7	41	4,2	12	47
4.	Восход ВНИИССОКа	70	11	47	4,3	15	64
<b>Ранние</b>							
5.	Патрис	50	10	43	5,0	13	51
6.	Викинг	78	14	57	5,5	12	32
7.	Перст	53	10	45	5,2	13	50
<b>Среднеранние</b>							
8.	Содружество	72	13	66	5,7	14	49
9.	Факел (контр.)	73	13	68	6,0	13	37

тение – созревание». У изучаемых сортов длительность этого периода варьировала от 43 (у сорта Северянка) до 55 дней (у сорта Факел). Чем биологически скороспелее сорт, тем короче был этот период. Наиболее сравнительно позднее созревание (через 111-114 дней) наблюдается у сортов Содружество и Факел. Биологически наиболее скороспелыми оказались сорта Северянка, Благодатный, Магнат, Восход ВНИИССОКа.

По типу куста изучаемые сорта относятся к обыкновенным и полустамбовым формам (табл.2). Высота главного стебля колебалась по сортам от 0,47 м (Магнат) до 0,78 м (Викинг).

Минимальное количество боковых побегов образовали сорта из очень ранней группы Магнат – 7, Северянка – 9. Больше всех боковых побегов насчитывалось у сортов Викинг, Содружество и Факел – 14 и по 13. На 1-4 побега меньше было у сортов Благодатный, Восход ВНИИССОКа, Патрис, Перст.

Наблюдения показали, что почти все сорта первые плодовые кисти закладывают над 4-5 листом. Наибольший практический интерес представляют сорта очень ранней группы, образовавшие первую кисть над 4-м листом, ниже 5-го яруса листьев.

Основной задачей агротехники и селекции по культуре томата в условиях Дагестана является разработка технологии и выведение сортов, обеспечивающих получение до третьей декады июля не менее 25,0 т/га плодов томата.

Известно, что значительное влияние на начало плодоношения и выход раннего урожая оказывают погодные условия весны, определяющие срок высадки рассады в грунт, о чем свидетельствуют данные приведенные в таблице 3.

Высокая потенциальная урожайность положительно коррелирует с продолжительностью вегетационного периода, и урожайность находится в прямой зависимости от продолжительности фазы «формирования зачаточных бутонов – цветение», а также «цветение – начало созревания» [11].

Сверхранный урожай (урожай, полученный до 10 июля) и ранний урожай (урожай полученный до 20 июля) у изучаемых образцов составил 12,5-42,8 т/га. Высокая урожайность до 20 июля обусловлена ранней высадкой (19.04) рассады и преобладанием солнечной погоды в апреле и мае.

По величине общей урожайности все испытываемые образцы можно разделить на три группы. В первую группу с высокой урожайностью 68,2-86,3 т/га входили сорта Патрис, Содружество, Восход ВНИИССОКа, Благодатный. Во вторую группу с урожайностью 51,0-54,5 т/га – Северянка, Магнат, Перст, и в третью – с урожайностью 41,4-42,2 т/га – Викинг, Факел.

Экономическая эффективность сорта во многом зависит от удельного веса стандартной продукции в общем урожае, поскольку закупочные цены на стандарт в 1,5-2 раза выше, чем цены на нестандарт. Товарность плодов колебалась в пределах 78-92%. Высокоурожайные сорта Патрис, Благодатный, Восход ВНИИССОКа отличаются наиболее высоким выходом товарной продукции – 91-92% от общего урожая. Наименьшей товарностью плодов 78-79% в общем урожае отличаются сорта Факел, Викинг.

Масса плода у испытываемых сортов колеблется от 60 до 130 г.

Сортообразцы отличаются между собой и по форме плода – 6 образцов имеют округлую, 2 образца – плоско-округлую, и 1 образец-овальную форму плода.

В биологической спелости 7 сортов имели красную окраску плода, 1 – оранжевую (Викинг), 1 – розовую (Содружество).

Индекс плода изменяется в пределах 1,1 до 0,7.

Томат обладает замечательным качеством – дозаривания плодов, снимаемых в бланжевой спелости и пригодных к полному созреванию благодаря выделению ими этилена. Наибольшее его количество выделяют плоды розовой и бурой окраски, соответственно 23 и 13 мл, перезревшие плоды 3 мл, а зеленые около 0,6 мл. [12]. Плоды изучаемых сортообразцов во время массовых сборов содержали 5,3-6,4% сухого вещества. Количество сахаров варьировало в пределах 3,0-3,4%.

Таблица 3. Некоторые хозяйственно-ценные показатели раннеспелых сортов томата открытого грунта  
Table 3. Some economically valuable indicators of early-ripening tomato varieties in open ground

№ п/п	Сорт	Вегетационный период	Урожайность, т/га	Ранняя урожайность, т/га	Товарность, %	Масса плода, г	Сухое вещество, %	Сахара, %
<b>Очень ранние</b>								
1	Север Северянка	97	51,0	30,0	82	74	5,3	3,0
2	Благодатный	99	86,3	42,8	91	110	6,4	3,4
3	Магнат	100	53,1	28,3	80	75	5,5	3,2
4	Восход ВНИИССОКа	100	82,7	40,1	92	107	6,3	3,2
<b>Ранние</b>								
5	Патрис	102	68,2	33,4	92	72	6,3	3,4
6	Викинг	103	41,4	15,2	79	80	4,4	2,8
7	Перст	105	54,5	26,7	90	60	6,1	3,3
<b>Среднеранние</b>								
8	Содружество	111	77,6	18,9	88	130	6,2	3,3
9	Факел(контр.)	114	42,2	12,5	78	76	5,3	3,0
	НСР <sub>0,5</sub> т/га		4,3					
	НСР <sub>0,5</sub> %		6,9					



**Рис. 3. Новые отечественные сорта селекции ФГБНУ ФНЦО в условиях Дагестана**  
**Fig. 3. New domestic varieties of selection of FSVC in the conditions of Dagestan**

**Выводы**

По результатам исследований испытываемые сорта томата по срокам созревания разделились на три группы: очень ранние – Северянка, Благодатный, Магнат, Восход ВНИИССОКа (97-100 дней); ранние – Патрис, Викинг, Перст (102-105 дней); среднеранние – Содружество, Факел (111-114 дней). Результаты позволили оценить морфо-биологические параметры: длина стебля, количество побегов и листьев, число листьев до первой кисти, число плодов и завязей. Почти все сорта первые плодовые кисти заложили над 4-5 листом. Наибольший практический интерес представляют сорта очень ранней группы, образовавшие первую кисть над 4-м листом, ниже 5-го яруса листьев.

По величине общей урожайности все испытываемые образцы разделились на три группы. В первую группу с высокой урожайностью (68,2-86,3

т/га) вошли сорта Патрис, Содружество, Восход ВНИИССОКа, Благодатный. Во вторую группу с урожайностью 51,0-54,5 т/га – Северянка, Магнат, Перст, и в третью с 41,4-42,2 т/га – Викинг, Факел. По выходу валовой продукции лучшие показатели имели сорта: Благодатный – 86,3; Восход ВНИИССОКа – 82,7; Содружество – 77,6 т/га; Патрис – 68,2 т/га.

Сорта Патрис, Благодатный, Восход ВНИИССОКа отличились наиболее высоким выходом товарной продукции 91-92% от общего урожая.

Результаты исследований могут быть использованы при выращивании томата в хозяйствах как равнинной, так и предгорной зоны Дагестана. В предгорной зоне короткий вегетационный период изученных сортов позволяет получить продукцию с открытого грунта до наступления осенних холодов.

**Об авторе:**

**Патимат Магомедовна Ахмедова** – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела плодовоовощеводства, <https://orcid.org/0000-0003-4617-4359>, [apm64@mail.ru](mailto:apm64@mail.ru)

**About the Author:**

**Patimat M. Akhmedova** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Fruit and Vegetable Growing Department, <https://orcid.org/0000-0003-4617-4359>, [apm64@mail.ru](mailto:apm64@mail.ru)

**• Литература**

1. Ахмедова П.М. Изучение селекционных форм томата по комплексу биологических и хозяйственных признаков. *Аграрный научный журнал*. 2022;(12):10-14. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp10-14>. EDN MFVVOY.
2. Ахмедова П.М. Результаты испытаний новых полустамбовых сортов томата в условиях Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан. *Аграрный вестник Урала* 2023;1(230):2-11. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-230-01-2-11>. EDN ZUBUOL.
3. Огнев В.В., Чернова Т.В., Костенко А.Н., Барбарицкая И.В. Состояние и перспективные направления селекции томата для открытого грунта России. *Картофель и овощи*. 2021;(9):33-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.70.53.005>. EDN IEFDXK.
4. Пивоваров В.Ф. *Овощи России*. Москва: ГНУ ВНИИССОК, 2006. 384 с.
5. Кондратьева И.Ю., Кондоба Е.Е., Павлов В.Л. Сорта томата нового поколения для открытого грунта. *Картофель и овощи*. 2008;(6):22-23. EDN JUWDFK.
6. Кондратьева И.Ю. Частная селекция томата. Детерминантные формы томата для открытого грунта. Москва, 2010. 272 с.
7. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014;18(3):548–552. EDN SXXZLT.
8. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М., ВНИИССОК, 1986. 64 с.
9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.
10. Методические указания по апробации овощных и бахчевых культур /М: Изд-во ФГБНУ ФНЦО. 2018. 224 с.
11. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Woyann L.G., Duarte T., Stoco M. G. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. *Bragantia*. 2017;76(1):1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.557>
12. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романов А.В. Качество и лежкость овощей. М.: ВНИИО, 2003. 625 с.

**• References**

1. Akhmedova P.M. Study of tomato breeding forms based on a complex of biological and economic characteristics. *The agrarian scientific journal*. 2022;(12):10-14. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp10-14>. EDN MFVVOY. (In Russ.)
2. Akhmedova P.M. Test results of new semi-lamb tomato varieties in the conditions of the Terek-Sulak lowland of the Republic of Dagestan. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2023;1(230):2-11. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-230-01-2-11>. EDN ZUBUOL. (In Russ.)
3. Ognev V.V., Chernova T.V., Kostenko A.N., Barbaritskaya I.V. Condition and promising directions of tomato selection for open ground of Russia. *Potato and vegetables*. 2021;(9):33-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.70.53.005>. EDN IEFDXK. (In Russ.)
4. Pivovarov V.F. *Vegetables of Russia*. M., 2006. 384 p. (In Russ.)
5. Kondratieva I.Yu., Kondoba E.E., Pavlov V.L. New generation tomato varieties for open ground. *Potato and vegetables*. 2008;(6):22-23. EDN JUWDFK. (In Russ.)
6. Kondratieva I.Yu. Private selection of tomato. Determinant forms of tomato for open ground. Moscow, 2010. 272 p. (In Russ.)
7. Potanin W.G., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I. A new approach to estimation of the ecological plasticity of plant varieties. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2014;18(3):548–552. EDN SXXZLT. (In Russ.)
8. Guidelines for the selection of varieties and hybrids of tomato for open and protected ground. M., VNISSOK, 1986. 64 p. (In Russ.)
9. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: GNU All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, 2011. 648 p. (In Russ.)
10. Guidelines for the approbation of vegetable and melon crops. M., 2018. 224 p. (In Russ.)
11. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Woyann L.G., Duarte T., Stoco M. G. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes. *Bragantia*. 2017;76(1):1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.557>
12. Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanov A.V. Quality and keeping quality of vegetables. M.: VNIIO, 2003. 625 p. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-73-78>  
УДК 634.723.1:631.526.32(470.13)

О.К. Тимушева<sup>1</sup>, В.Н. Сорокопудов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), 167982, Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, 28.

<sup>2</sup> ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

\*Автор для переписки: otimusheva@ib.komisc.ru

**Финансирование.** Исследования выполнены на базе УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН», регистрационный номер 507428 и в рамках государственного задания по теме «Репродуктивный потенциал ресурсных растений при интродукции на европейском Северо-Востоке». Номер государственной регистрации 122040600020-7.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность директору И.А. Устюжанину и сотрудникам аналитической лаборатории Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого за проведение биохимических анализов ягод сортов смородины чёрной. Также выражают благодарность директору Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН А.А. Юдину и научному сотруднику лаборатории «Экспериментальный питомник» Е.В. Павловой за содействие в проведении биохимических анализов.

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

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

**Для цитирования:** Тимушева О.К., Сорокопудов В.Н. Сравнительная оценка сортов смородины чёрной в условиях средней подзоны тайги Республики Коми. *Овощи России*. 2023;(3):73-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-73-78>

**Поступила в редакцию:** 11.04.2023

**Принята к печати:** 19.05.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Olga K. Timusheva<sup>1</sup>, Vladimir N. Sorokopudov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IB FRC Komi SC UB RAS), 28, Communisticeskaya st., Syktuykar, GSP-2, Komi Republic, 167982, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants 7, Grina str., Moscow, 117216, Russia

\*Correspondence Author: otimusheva@ib.komisc.ru

**Funding.** The studies were carried out on the basis of the Research Institute of Living Plants of the Botanical Garden of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, registration number 507428 and within the framework of the state task on the topic "Reproductive potential of resource plants during introduction in the European North-East". State registration number 122040600020-7.

**Acknowledgments.** The authors are grateful to Director I.A. Ustyuzhanin and employees of the analytical laboratory of the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky for conducting biochemical analyzes of black currant berries. They also express their gratitude to the director of the Institute of Agrobiotechnologies of the Federal Research Center of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences A.A. Yudin and researcher of the laboratory "Experimental Nursery" E.V. Pavlova for assistance in conducting biochemical analyses.

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

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

**For citations:** Timusheva O.K., Sorokopudov V.N. Comparative evaluation of black currant varieties in the conditions of the middle subzone of the taiga of the Komi Republic. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):73-78. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-73-78>

**Received:** 11.04.2023

**Accepted for publication:** 19.05.2023

**Published:** 09.06.2023

## Сравнительная оценка сортов смородины чёрной в условиях средней подзоны тайги Республики Коми



### Резюме

**Актуальность.** Смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.) занимает важное место в любительском садоводстве Республики Коми как хозяйственно ценная культура. Не вызывает сомнения возможность и необходимость развития ягодоводства в Республике Коми, обеспечения потребностей населения в поливитаминной продукции за счет местного производства ягод. **Цель исследования** – выявление хозяйственно полезных признаков сортов смородины чёрной при культивировании на Севере в условиях средней подзоны тайги. Проанализированы зимостойкость, фенологические фазы, продуктивность, крупноплодность (масса ягоды) и биохимический состав ягод.

**Методика.** Представлены результаты изучения шести сортов смородины чёрной в 2020–2022 годах. Возраст растений составляет девять–десять лет. Исследования проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999). В частности, кусты смородины были высажены в ряды по схеме 4 x 1,5 м.

**Результаты.** В результате исследований было выявлено, что изучаемые сорта смородины чёрной являются перспективными для выращивания в средней подзоне тайги. У всех изучаемых сортов вегетация смородины чёрной в период изучения отмечалась во второй – третьей декаде апреля. Начало цветения наблюдалось в середине второй – конце третьей декады мая, через 25–39 дней после начала вегетации. Начало созревания плодов отмечено в первой – второй декадах июля, через 48–52 дня после начала цветения. Массовое созревание ягод отмечено в середине второй – конце третьей декады июля, первой декаде августа для среднепозднего сорта Лентяй. В период изучения вегетация смородины чёрной закончилась во второй декаде октября, с наступлением температур ниже 5°C. Продолжительность вегетационного периода за годы исследований была выше нормы и равнялась 16–185 дней. Продуктивность сортов смородины чёрной составила 1,1–1,79 кг с куста. Все сорта характеризуются крупными плодами (ягодами) массой 1,02–1,66 граммов. Был проведен биохимический анализ замороженных ягод сортов смородины чёрной за 2021–2022 годы на содержание аскорбиновой кислоты, сахаров, кислотности, сухих веществ. Установлено, что сорт Вологда имеет максимальное содержание аскорбиновой кислоты (97,68 мг%). Наиболее высокий сахарокислотный индекс – у сорта Багира (3,5). У всех сортов отмечено большое содержание сухого вещества в ягодах: 18,04–20,38%. Сделан вывод, что изучаемые сорта смородины чёрной являются перспективными для выращивания в средней подзоне тайги.

**Ключевые слова:** сорт, смородина чёрная, средняя подзона тайги, зимостойкость, продуктивность, масса плода, биохимический состав ягод

## Comparative evaluation of black currant varieties in the conditions of the middle subzone of the taiga of the Komi Republic

### Abstract

**Relevance.** Black currant (*Ribes nigrum* L.) occupies an important place in amateur gardening of the Komi Republic as an economically valuable crop. There is no doubt that it is possible and necessary to develop berry growing in the Komi Republic, to meet the needs of the population in multivitamin products through local production of berries. The purpose of the paper was to study the economically useful traits of varieties cultivated in the North in the conditions of the middle subzone of the taiga. Winter hardiness, phenological phases, productivity, large-fruitedness (berry weight), biochemical composition of berries were analyzed.

**Methodology.** The results of the study of six varieties of black currant in 2020–2022 are presented. Plants are nine to ten years old. The research was carried out according to the "Program and methodology for the study of variety of fruit, berry and nut crops" (1999). Currants are planted in rows according to the scheme 4 x 1.5.

**Results.** As a result of the research, it was revealed that the studied varieties of black currant are promising for cultivation in the middle subzone of the taiga. In all studied varieties, vegetation was observed in the second-third decade of April. The beginning of flowering was observed in the middle of the second – the end of the third decade of May, 25–39 days after the beginning of the growing season. The beginning of fruit ripening was noted in the first-second decades of July, 48–52 days after the start of the flowering. Mass ripening of berries was noted in the middle of the second – the end of the third decade of July, and the middle of the second-first decade of August for "Lazy" variety. During the study period, the vegetation of black currant ended in the second decade of October, with the onset of temperatures below 5°C. The duration of the vegetation period over the years of research was above the norm and equaled 169–185 days. The productivity of black currant varieties was 1.16–1.79 kg per bush. All varieties are characterized by large fruits (berries) weighing 1.02–1.66 g. A biochemical analysis of frozen berries of blackcurrant varieties for 2021–2022 was carried out regarding the content of ascorbic acid, sugars, acidity, solids. The maximum content of ascorbic acid was noted in "Vologda" variety – 97.68 mg%. The highest sugar-acid index was in "Bagira" variety – 3.5. All the varieties have a high content of dry matter in berries: 18.04–20.38%. Overall, the varieties of black currant under study suit for cultivation in the middle subzone of the taiga.

**Keywords:** variety, black currant, middle taiga subzone, winter hardiness, productivity, fruit weight, biochemical composition of berries

**Введение**

**С**мородина чёрная (*Ribes nigrum* L.) относится к семейству Grossulariaceae DC. – Крыжовниковые, роду *Ribes* L., подроду *Eucoreosma* Jancz. – чёрные смородины. Данный подрод включает 20 видов и имеет практическое и селекционное значение. Смородина растёт в большинстве районов Евразии и Северной Америки (исключая южные районы и Арктику) [1]. Смородина чёрная является одной из ведущих ягодных культур России и стран Европы. Она хорошо произрастает в условиях умеренного климата Европы, Азии, Новой Зеландии, Северной Америки [2]. При поддержании соответствующих внешних условий (замораживании) ягоды способны сохранять полезные вещества в течение нескольких месяцев [3]. Основное лечебное действие смородины черной обусловлено наличием высокого содержания аскорбиновой кислоты, витамина В1, флавоноидов и антоцианов, оказывающих Р-витаминное действие. Плоды смородины черной понижают кровяное давление, улучшают состояние сердечно-сосудистой системы, повышают аппетит. Оказывают витаминное, мочегонное, общеукрепляющее, противоатеросклеротическое, противовоспалительное, болеутоляющее действие, усиливают функции желудка, кишечника и печени. Листья обладают потогонным, противовоспалительным, мочегонным действием, стимулируют функции коры надпочечников, способствуют выведению пуриновых веществ, мочевой кислоты [4].

Плоды черной смородины являются прекрасным источником биологически активных соединений, таких как витамин С, полифенолы и флавоноиды, а также антоцианы. По данным исследований в Польше, а также в Турции, плоды черной смородины являются самым богатым источником витамина С среди всех ягод [5, 6]. Употребление 100 г черной смородины в день может иметь благотворное воздействие на здоровье, так как ягоды обладают защитными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, способствуют облегчению восстановления после тяжелой физической нагрузки [5]. Ягоды смородины чёрной положительно влияют на уровень холестерина, а также снижают уровень глюкозы в крови и улучшает толерантность к глюкозе [7].

Она обладает уникальным сочетанием ценных хозяйственно-биологических и лекарственных свойств, адаптирована к выращиванию даже в суровых природно-климатических условиях, отличается лёгкостью размножения, пригодна к комплексной механизации возделывания [8]. В Республике Коми смородина чёрная занимает важное место в любительском садоводстве как хозяйственно-ценная культура, выращиваемая для обеспечения потребностей населения поливитаминной продукцией за счет местного производства ягод.

С 1996 года в Ботаническом саду Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН проводятся исследования по интродукции плодово-ягодных культур для изучения и отбора перспективных в средней подзоне тайги видов и сортов, разработки сроков и способов их размножения. В настоящее время в коллекции насчитывается 44 сорта смородины чёрной (*Ribes nigrum* L.) разной селекции. В Республике Коми нет про-

изводственных плантаций смородины чёрной. В коллекции плодово-ягодных растений Ботанического сада Института биологии проводится оценка интродуцированных культур и выделяются наиболее перспективные в практическом и научном отношении сорта.

**Цель** настоящей работы заключалась в изучении перспективных сортов смородины чёрной по зимостойкости, продуктивности, крупноплодности, биохимическому составу ягод при культивировании на Севере, для выращивания на приусадебных участках полезной для здоровья населения продукции (ягод).

**Материал и методика исследования**

В статье представлены результаты изучения (2020–2022 годы) многолетних растений перспективных сортов смородины чёрной (6 сортов), высаженных в 2016 году. Растения получены от выращенных методом зелёного черенкования сортов из коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Исследуемые сорта (Багира, Вологда, Элевеста, Лентяй) по генетической группе являются сортами-гибридами между европейским, сибирским и скандинавским подвидами смородины чёрной и смородиной дикушей: *Ribes nigrum* ssp. *europaeum* Jancz. x *Ribes nigrum* ssp. *sibiricum* E. Wolf. x *Ribes nigrum* ssp. *scandicum* Hedl. x *Ribes dikuscha* Fisch., сорта Наследница и Сеянец Голубки – сортами-гибридами между европейским и сибирским подвидами смородины чёрной и смородиной дикушей: *Ribes nigrum* ssp. *europaeum* Jancz. x *Ribes nigrum* ssp. *sibiricum* E. Wolf. x *Ribes dikuscha* Fisch. [9].

Почвы на участке Ботанического сада в основном дерново-подзолистые, глееватые, среднекультуренные, суглинистого механического состава. Смородина высажена в ряды по схеме 4x1,5 метра. Исследования проводились по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [10]. Оценка существенности отличий двух совокупностей (с данными о продуктивности и крупноплодности) выполнена с помощью критерия существенности разности средних двух наборов данных. [11, 12]. В одной повторности было пять растений. Зимостойкость оценивалась визуально в баллах: от 0 до 5, где 0 – нет признаков подмерзания, 1 балл – подмерзание концов однолетних побегов, 2 балла обозначают, что вымерзают однолетние побеги и единичные ветви старшего возраста, 5 – полное вымерзание надземной части, без отрастания. Продуктивность определяется в килограммах на куст взвешиванием на лабораторных весах. Среднюю массу ягоды определяют путем взвешивания на лабораторных весах в количестве 100 ягод в каждой повторности. Результат взвешивания делят на 100 и получают среднюю массу ягоды в граммах [10].

В организме человека витамин С не синтезируется и не аккумулируется и поэтому должен регулярно поступать с пищей [13]. Подтверждена эффективность консервации ягод смородины чёрной путем замораживания при температуре 18°C. Через девять месяцев хранения сохранность витамина С в ягодах составляет в среднем 78%, и максимальная – 86% [14].

Были сделаны биохимические анализы замороженных ягод сортов смородины черной по содержанию аскорбиновой кислоты, сахаров, общей кислотности, сухого вещества. Определение содержания аскорбиновой кислоты проводили методом йодометрического титрования. Сахара определяли методом Бертрана, кислотность - методом потенциометрического титрования раствором гидроокиси натрия. Содержание сухих веществ проводили термогравиметрическим методом (высушивание пробы до постоянной массы). Гармоничный вкус плодов в большинстве своем определяется содержанием в плодах кислоты и сахара. Сахаро-кислотный индекс, как основной показатель вкусовых качеств, определялся нами по соотношению сахара и кислоты.

В районе исследований, окрестностях Сыктывкара, начало вегетационного периода со среднесуточной температурой выше +5°C отмечается во второй-третьей декаде апреля. По количеству осадков территория относится к достаточно увлажненному району.

Вегетационные периоды 2020–2022 годов характеризовались как теплые и влажные, сумма эффективных температур (выше 5°C) была на 390–509° выше нормы, осадков выпало на 18–42 мм больше нормы. Продолжительность вегетационного периода за годы исследований была выше нормы и составила 169–185 дней. Особенно теплыми были летние месяцы 2021 и 2022 годов, температура воздуха была на 7–8,5°C выше, чем средняя многолетняя. В периоды цветения смородины заморозков не наблюдалось.

### Результаты и их обсуждение

Климатические условия средней подзоны тайги Республики Коми благоприятны для возделывания данной культуры. Зимостойкость – один из наиболее важных хозяйственно ценных признаков сорта. Изучаемые сорта смородины черной являются зимостойкими (0,3–1,3 балла). Вегетация смородины черной в период изучения отмечалась во второй – третьей декаде апреля, при накоплении 66,3°C в среднем эффективных температур (выше 5°C). Начало цветения наблюдалось в середине второй – конце третьей декады мая, через 25–39 дней после начала вегетации, при сумме температур 263,3°C. Начало созревания плодов отмечено в первой – второй декадах июля, через 48–52 дня после начала цветения, при накоплении суммы температур 1060°C. Массовое созревание ягод было отмечено в середине второй – конце третьей декады июля, первой декаде августа среднепозднего сорта Лентяй. От начала вегетации до массового созревания ягод проходит 91–101 день, сорта Лентяй – позднее на 5–7 дней.

В условиях Севера в конце вегетационного периода кусты полностью не сбрасывают листья, окончанием листопада считается наступление температур ниже 5°C, которое отмечается в конце сентября – начале октября. В период изучения вегетация смородины черной закончилась во второй декаде октября. В 2021 году наблюдался длительный период вегетации (со второй декады апреля до второй декады октября) – 185 дней.

Вегетационный период у бурятских сортов черной смородины начинается в третьей декаде апреля. При

теплой погоде в конце мая она зацветает. Ягоды черной смородины созревают в третьей декаде июля, через 80–90 дней после начала вегетации и через 60–70 дней после цветения [15]. В условиях Тамбовской области начало вегетации смородины черной Багира наблюдается во второй декаде апреля при накоплении суммы температур 69,5°C (выше 0°C), начало цветения – в первой декаде мая при сумме температур 270°C, а начало созревания – в конце второй декады июня с суммой температур 1193°C [16].

Плодоношение текущего года зависит от ряда факторов предшествующего года, так как потенциал продуктивности смородины черной начинает закладываться уже во второй половине лета предыдущего сезона. Формирование урожая происходит непрерывно от закладки вегетативных и дифференциации генеративных зачатков до зрелых ягод, проходя все этапы годичного цикла развития. Помимо генетического потенциала на формирование урожая существенное влияние оказывают биотические и абиотические факторы [17]. Продуктивность черной смородины зависит от агротехники и типа почв. Суглинистые почвы лучше подходят для культивирования этого растения, чем песчаные [18].

В таблице 1 указаны средние значения продуктивности и массы ягод. В годы исследований максимальной продуктивностью характеризовался сорт Наследница. У сорта Багира продуктивность в 2020 году составила меньше килограмма на куст. В 2021–2022 годах минимальная продуктивность наблюдалась у сорта Элевеста. Лучшая продуктивность у всех сортов фиксировалась в 2021 году. У сорта Наследница в 2022 году также отмечена максимальная продуктивность, она была в 1,3 раза больше, чем у сорта-стандарта Сеянец Голубки. В среднем по продуктивности лучше всего показал себя сорт Наследница (1,79 кг с куста), у сорта Элевеста была минимальная продуктивность (1,16 кг с куста).

В таблице 1 указаны средние значения продуктивности и массы ягод. Максимальная продуктивность сортов смородины черной отмечена в 2022 году у сорта Наследница, которая была в 1,3 раза больше, чем у сорта-стандарта Сеянец Голубки. Максимальная продуктивность всех сортов отмечена в 2021 году, за исключением сорта Наследница. Только у сорта Элевеста она была в 1,4 раза меньше, чем у сорта-стандарта Сеянец Голубки. В среднем за три года наибольшая продуктивность наблюдалась у сорта Наследница – 1,79 кг с куста. Меньше всего продуктивность отмечалась у сорта Элевеста – 1,16 кг с куста.

В среднем в 2020–2022 годах максимальная масса ягоды наблюдалась у сорта Наследница, на 13% больше, чем у сорта-стандарта Сеянец Голубки (табл. 1). Минимальная масса ягоды за три года отмечена у сорта Элевеста, меньше, чем у сорта-стандарта на 30,6%, или в 1,4 раза. Максимальная масса ягоды в 2020 году была у сорта Наследница (больше, чем у сорта-стандарта на 21%), в 2021–2022 годах – у сорта Вологда (больше, чем у сорта-стандарта на 11% и 14% соответственно). Все сорта являются крупноплодными, за исключением сорта Элевеста, у которого в отдельные годы масса ягоды была меньше одного грамма.

Таблица 1. Продуктивность и масса ягоды сортов смородины чёрной  
Table 1. Productivity and weight of berries of black currant varieties

Сорт  (учреждение-оригинатор)	2020 год		2021 год		2022 год		Среднее за три года	
	продуктивность, кг с куста	масса одной ягоды, г						
Сеянец Голубки, St (ФГБНУ ФАНЦА)	1,07±0,02	1,18±0,02	1,88±0,21	1,73±0,02	1,58±0,09	1,51±0,03	1,51±0,24	1,47±0,16
Наследница (ФГБНУ ВСТИСП)	1,36±0,03	1,43±0,03	1,94±0,19	1,86±0,03	2,06±0,27	1,69±0,07	1,79±0,22	1,66±0,13
Лентяй (ФГБНУ ВНИИСПК)	1,15±0,08	1,39±0,05	1,76±0,02	1,8±0,03	1,1±0,07	1,55±0,04	1,34±0,21	1,58±0,12
Вологда (ФГБНУ ВСТИСП)	1,04±0,07	1,13±0,03	1,64±0,06	1,92±0,03	1,25±0,08	1,72±0,07	1,31±0,18	1,59±0,24
Багира (ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина)	0,85±0,04	0,93±0,06	1,74±0,03	1,81±0,02	1,3±0,06	1,44±0,04	1,3±0,26	1,39±0,26
Элевста (ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина)	1,13±0,04	0,88±0,01	1,33±0,04	0,92±0,02	1,02±0,05	1,27±0,02	1,16±0,09	1,02±0,12
НСР <sub>05</sub>	0,08	0,06	0,3	0,03	0,3	0,08	0,19	0,14



Багира

Вологда

Лентяй

Наследница

Сеянец Голубки

Рис. Сорты смородины черной  
Fig. Varieties of black currant

Антиоксидантные свойства черной смородины при хранении не изменяются [19]. По данным Кемеровского технологического института, во время хранения изменяется витаминный состав ягод. Наибольшим изменениям подвергается витамин С. Потери витамина С непосредственно при замораживании составили от 6,5 до 11%. Степень разрушения витамина С зависела от конечной температуры замораживания: чем она ниже, тем лучше он сохраняется. Наиболее полно (до 68% от первоначального содержания) сохраняется витамин С у ягод, замороженных и хранившихся при температуре -24°C. При температуре хранения -18°C общие потери сахаров составили 32-38% от исходного уровня. Титруемая кислотность в процессе замораживания увеличилась на 1,2-14,7% [20].

По литературным данным, содержание сухого вещества в свежей ягоде в условиях Красноярска составило 14,8%. В замороженном сырье доля сухого вещества выше (16,39%), а массовая доля влаги меньше (83,61%). Это можно объяснить тем, что в процессе замораживания сырья происходит выделение части свободной воды в виде кристаллов льда, приводящее к

увеличению сухого вещества [16]. После низкотемпературного хранения происходит общесортовое увеличение растворимого сухого вещества, при этом среднее значение этого показателя в Орловской области составило 14,6% [21].

Исследование характеристик ягод, полученное из двух разных стран (Великобритания и Польша), показало, что от 25% до 30% сухого вещества составляют растворимые пищевые волокна (например, пектин и некоторые гемицеллюлозы), тогда как примерно 47% составляют нерастворимые пищевые волокна (например, целлюлоза или лигнин) [7].

Количественным соотношением между сахарами и кислотами является сахаро-кислотный индекс (СКИ), определяющий вкусовые качества ягод. Ягоды смородины чёрной обладают кисло-сладким вкусом при СКИ 3,5 и более [22]. При благоприятных погодных условиях этот показатель значительно возрастает. Среднее значение СКИ у отборных форм смородины чёрной в условиях Сибири колеблется от 2,7 до 4,6, максимальное – от 2,8 до 5,9 [23].

Высокие температуры в период вегетации также связаны с ингибированием различных биохимических про-

Таблица 2. Биохимический анализ ягод сортов смородины чёрной  
Table 2. Biochemical analysis of berries of blackcurrant varieties

Сорт	Аскорбиновая кислота, мг%	Сахара, %	Общая кислотность, %	Сухое вещество, %
Вологда	97,68±0,88	10,55±0,37	3,21±0,27	19,9±0,48
Наследница	85,54±3,52	10,89±1,01	3,37±0,38	19,04±0,15
Элевеста	89,76±17,6	9,51±0,73	2,78±0,11	19,56±0,72
Сеянец Голубки	81,84±4,4	10,37±0,27	3,02±0,25	20,38±0,52
Багира	78,5±10,56	10,78±0,05	3,08±0,25	19,74±0,54
Лентяй	64,59±4,75	9,74±0,26	2,88±0,0	18,04±0,22

цессов при развитии смородины чёрной, что, в свою очередь, снижает количество продуцируемой аскорбиновой кислоты. Было показано, что высокие температуры (от 12 до 24°C) снижают количество аскорбиновой кислоты и общее содержание сахара в ягодах на 27% [7].

В Швеции были изучены сорта чёрной смородины по содержанию в ягодах аскорбиновой кислоты, сахаров, кислотности. Содержание аскорбиновой кислоты и сахаров было больше в ягодах, выращиваемых на юге, а кислотности было больше в ягодах сортов, растущих на севере [24].

Ягоды черной смородины практически не используются для круглогодичного производства продуктов питания вследствие сезонности сырья. Замораживание является наиболее прогрессивным и надежным способом консервирования скоропортящейся растительной продукции, позволяющим обеспечить хранение плодово-ягодного сырья в течение всего года с максимальным сохранением его качества, непрерывную работу предприятий пищевой промышленности и общественного питания, сбалансировать питание населения в течение года [21].

На содержание аскорбиновой кислоты в плодах смородины чёрной положительно влияет солнечная инсоляция. Ягоды с кустов, выращенных на южном склоне, содержали на 20% больше аскорбиновой кислоты, чем выращенные на северной склоне в том же месте [25]. В то же время, может быть пороговая температура, ниже которой температура мало влияет на содержание аскорбиновой кислоты в ягодах. Зависимость между суммарной солнечной инсоляцией и содержанием аскорбиновой кислоты в плодах была положительной. Осадки мало влияют на содержание аскорбиновой кислоты в ягодах [25]. Температура воздуха отрицательно коррелирует с содержанием аскорбиновой кислоты в плодах черной смородины [26].

По исследованиям в Польше температура и солнце в конце весны и лета отрицательно коррелировали с концентрацией витамина С, в то время как количество осадков летом сильно положительно коррелировало с концентрацией этого витамина. Эти результаты показывают, что наиболее благоприятными условиями для получения плодов черной смородины с высоким содержанием фенольных соединений, антоцианов и витамина С являются прохладная температура и обильные осадки [5].

При быстром замораживании важнейшие показатели пищевой ценности свежих плодов, ягод и овощей остаются без заметных изменений даже при длительном хранении. Сохранность аскорбиновой кислоты в ягодах красной смородины в условиях г. Орёл (Центрально-Чернозёмный регион) в процессе низкотемпературного замораживания и хранения после трёх месяцев (-18°C) составляла в среднем 74%. Потери витамина С при замораживании для большинства плодов и ягод, в том числе и дикорастущих, составляют, по литературным данным, в среднем около 30% от исходного содержания в свежем сырье [27].

В 2021–2022 годах проводили анализ замороженных ягод сортов смородины чёрной (табл. 2). Максимальное содержание аскорбиновой кислоты было у сорта Вологда, на 34% больше, чем у сорта Лентяй, у которого отмечено минимальное содержание витамина С. Больше всего сахаров отмечено у сорта Наследница, на 13% больше, чем у сорта Элевеста, у которого было минимальное содержание сахаров. Максимальная кислотность отмечена у сорта Наследница, она в 1,2 раза больше, чем у сорта Элевеста. Сахаро-кислотный индекс был примерно одинаковым у всех сортов – от 3,23 до 3,5. Наиболее высокий он был у сорта Багира. Установлено, что в ягоды смородины накапливают 18,04–20,38% сухого вещества. Больше всего их отмечено у сорта Сеянец Голубки (20,38%).

### Заключение

Все изучаемые сорта смородины чёрной являются зимостойкими. Хорошей продуктивностью характеризуются сорта Наследница (1,79 кг с куста), Сеянец Голубки (1,51 кг с куста). Все сорта являются крупноплодными, с массой ягоды больше одного грамма, за исключением сорта Элевеста в отдельные годы. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты в замороженных ягодах отмечено у сорта Вологда (97,68 мг%). Наиболее высокий сахаро-кислотный индекс был у сорта Багира. Отмечено большое содержание сухих веществ у всех сортов (до 20,38%). Таким образом, изучаемые сорта смородины чёрной являются перспективными для выращивания в средней подзоне тайги Республики Коми.

**Об авторах:**

**Ольга Кимовна Тимушева** – ведущий инженер отдела  
Ботанический сад, автор для переписки, otimusheva@ib.komisc.ru

**Владимир Николаевич Сорокопудов** – доктор с.-х. наук,  
профессор по специальности «Ботаника», главный научный сотрудник

**About the Authors:**

**Olga K. Timusheva** – Leading Engineer of the Botanical Garden Department,  
Correspondence Author, otimusheva@ib.komisc.ru

**Vladimir N. Sorokopudov** – Doc. Sci. (Agriculture),  
Professor in Botany, Chief Researcher

**• Литература**

1. Витковский В.Л. Плодовые растения мира. С.-Петербург – Москва – Краснодар: Лань, 2003. 592 с.
2. <http://asprus.ru>
3. Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*. 2011;34(2):1301–1309. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.10.002
4. Бжещева Н.Р. Биохимический состав плодов смородины. Новые технологии/*New technologies*. 2017;(2):90–98. EDN ZBIAXH.
5. Rachtan-Janicka J.; Ponder A.; Hallmann E. The Effect of Organic and Conventional Cultivations on Antioxidants Content in Blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Appl. Sci.* 2021;11(5113):1–17. <https://doi.org/10.3390/app1115113>
6. Volkan Okatan Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated berry species: A comparative study *Folia Hort.* 2020;32(1):79–85.
7. Cortez R.E., Gonzalez de Mejia E. Blackcurrants (*Ribes nigrum*): A Review on Chemistry, Processing, and Health Benefits. *Journal of Food Science*. 2019;84(9):2387–2401. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14781>
8. Сазонов Ф.Ф., Подгаецкий М.А. К вопросу создания новых форм смородины чёрной с высоким уровнем продуктивности. *Агроконсультант*. 2013;(1):15–20. EDN VEBUDZ.
9. Огольцова Т.П. Селекция чёрной смородины – прошлое, настоящее, будущее. Тула: Приокское книжное изд-во, 1992. 384 с.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Рязанова Л.Г., Проворченко А.В., Горбунов И.В. Основы статистического анализа результатов исследований в садоводстве: учебно-методическое пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2013. 61 с.
13. Мясищева Н.В. Изменение содержания витамина С в ягодах черной смородины новых сортов под действием низких температур в процессе хранения. *Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международного научного форума, Кемерово, 15–19 апреля 2013 г.* Кемерово, 2013. С. 432–435.
14. Титова Л.В. Оценка генофонда смородины черной и ранняя диагностика витамина С. Мичуринск, 2004. 22 с.
15. Гусева Н.К. Результаты селекции и сортоизучения чёрной смородины в Бурятии. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2008;3(12):47–50. EDN KGXKTV.
16. Жидехина Т.В., Родюкова О.С., Гурьева И.В. Влияние био- и абиотических факторов среды на продуктивность смородины чёрной. *Достижения науки и техники АПК*. 2017;31(4):68–71. EDN YOSHXX.
17. Чеботок Е.М. Результаты сортоизучения смородины чёрной на Среднем Урале // *Селекция и сортоизучение садовых культур*. 2018;5(1):147–150.
18. Neubohn G. Weitere Intensivierung der Produktion von Johannisbeeren. *Gartenbau. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin*. 1988;35(12):367–368. DOI.org/10.1515/9783112492383
19. Бакин И.А., Мустафина А.С., Лунин П.Н. Изучение химического состава ягод чёрной смородины в процессе переработки. *Вестник КрасГАУ*. 2015;(6):159–162. EDN UDTMFZ.
20. Расчепкин А.Н., Короткий И.А., Короткая Е.В. Влияние режимов низкотемпературной обработки на качественные показатели ягод чёрной смородины. *Техника и технология пищевых производств*. 2014;(1):101–105. EDN RXCIYZ.
21. Мясищева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения. *Техника и технология пищевых производств*. 2013;(3):36–40.
22. Макаркина М.А., Янчук Т.В. Характеристики сортов смородины черной по содержанию сахаров и органических кислот. *Современное садоводство*. 2010;(2):9–12. EDN NDRCOZ.
23. Салыкова В.С., Санкин Л.С. Селекция отдаленных гибридов смородины черной на улучшение биохимического состава ягод в условиях Сибири. *Современное садоводство*. 2010;(1):13–16. EDN NDDPTB.
24. Vagiri M., Ekholm A., Öberg E., Johansson E., Andersson S.C. and Rumpunen K. Phenols and Ascorbic Acid in Black Currants (*Ribes nigrum* L.): Variation Due to Genotype, Location, and Year. *J. Agric. Food Chem.* 2013;61(39):9298–9306. doi.org/10.1021/jf402891s
25. Walker Paul G., Viola Roberto, Woodhead Mary, Jorgensen Linzi, Gordon Sandra L., Brenna Rex M., Hancock Robert D. Ascorbic Acid Content of Blackcurrant Fruit is Influenced by Both Genetic and Environmental Factors. *Functional Plant Science and Biotechnology 2010 Global Science Books*. P. 40–52. Hancock Functional Plant Science and Biotechnology 4 (Special Issue 1), 40–522010
26. Redalen G. Black currants grown in simulated climates in growth chambers. *Acta Horticulturae*. 1993;(352):213–216.
27. Артемова Е.Н., Мясищева Н.В. Использование свежих и замороженных ягод красной смородины новых сортов в производстве желейных продуктов: монография. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет - УНПК», 2012. 150 с.

**• References**

1. Vitkovsky V.L. Fruit plants of the world. St. Petersburg - Moscow - Krasnodar: Lan, 2003. 592 p. (In Russ.)
2. <http://asprus.ru>
3. Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*. 2011;34(2):1301–1309. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.10.002
4. Bzhetsheva N.R. Biochemical composition of currant fruits. *New technologies*. 2017;(2):90–98. EDN ZBIAXH. (In Russ.)
5. Rachtan-Janicka J.; Ponder A.; Hallmann E. The Effect of Organic and Conventional Cultivations on Antioxidants Content in Blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Appl. Sci.* 2021;11(5113):1–17. <https://doi.org/10.3390/app1115113>
6. Volkan Okatan Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated berry species: A comparative study *Folia Hort.* 2020;32(1):79–85.
7. Cortez R.E., Gonzalez de Mejia E. Blackcurrants (*Ribes nigrum*): A Review on Chemistry, Processing, and Health Benefits. *Journal of Food Science*. 2019;84(9):2387–2401. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14781>
8. Sazonov F.F., Podgaetsky M.A. On the issue of creating new forms of black currant with a high level of productivity. *Agroconsultant*. 2013;(1):15–20. EDN VEBUDZ. (In Russ.)
9. Ogoltsova T.P. Blackcurrant breeding - past, present, future. Tula: Priokskoe book publishing house, 1992. 384 p. (In Russ.)
10. Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops. Orel: VNIISP, 1999. 608 p. (In Russ.)
11. Dospikhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of re-search results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
12. Ryzanova L.G., Provorchenko A.V., Gorbunov I.V. Fundamentals of statistical analysis of the results of research in horticulture: a teaching aid. Krasnodar: KubGAU, 2013. 61 p. (In Russ.)
13. Myasishcheva N.V. Changes in the content of vitamin C in blackcurrant berries of new varieties under the influence of low temperatures during storage. *Food innovations and bio-technologies: materials of the International Scientific Forum, Kemerovo, April 15-19, 2013*. Kemerovo, 2013. P. 432-435. (In Russ.)
14. Titova L.V. Evaluation of the black currant gene pool and early diagnosis of vitamin C. Michurinsk, 2004. 22 p. (In Russ.)
15. Guseva N.K. Results of selection and variety study of blackcurrant in Buryatia. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy. V.R. Filippov*. 2008;3(12):47–50. EDN KGXKTV. (In Russ.)
16. Zhidekhina T.V., Rodyukova O.S., Gurieva I.V. Influence of bio- and abiotic environmental factors on the productivity of black currant. *Achievements of Science and Technology of APK*. 2017;31(4):68–71. EDN YOSHXX. (In Russ.)
17. Chebotok E.M. The results of the study of blackcurrant varieties in the Middle Urals. *Breeding and variety breeding of horticultural crops*. 2018;5(1):147–150. (In Russ.)
18. Neubohn G. Weitere Intensivierung der Produktion von Johannisbeeren. *Gartenbau. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin*. 1988;35(12):367–368. DOI.org/10.1515/9783112492383
19. Bakin I.A., Mustafina A.S., Lunin P.N. Study of the chemical composition of black currant berries in the process of processing. *Vestnik KrasGAU*. 2015;(6):159–162. EDN UDTMFZ. (In Russ.)
20. Raschepkin A.N., Korotkiy I.A., Korotkaya E.V. Influence of low-temperature processing regimes on the quality indicators of blackcurrant berries. *Technique and technology of food production*. 2014;(1):101–105. EDN RXCIYZ. (In Russ.)
21. Myasishcheva N.V., Artemova E.N. The study of biologically active substances of black currant berries during storage. *Technique and technology of food production*. 2013;(3):36–40. (In Russ.)
22. Makarkina M.A., Yanchuk T.V. Characteristics of black currant varieties in terms of sugars and organic acids. *Modern gardening*. 2010;(2):9–12. EDN NDRCOZ. (In Russ.)
23. Salykova V.S., Sankin L.S. Selection of distant hybrids of black currant to improve the biochemical composition of berries in Siberia. *Modern gardening*. 2010;(1):13–16. EDN NDDPTB. (In Russ.)
24. Vagiri M., Ekholm A., Öberg E., Johansson E., Andersson S.C. and Rumpunen K. Phenols and Ascorbic Acid in Black Currants (*Ribes nigrum* L.): Variation Due to Genotype, Location, and Year. *J. Agric. Food Chem.* 2013;61(39):9298–9306. doi.org/10.1021/jf402891s
25. Walker Paul G., Viola Roberto, Woodhead Mary, Jorgensen Linzi, Gordon Sandra L., Brenna Rex M., Hancock Robert D. Ascorbic Acid Content of Blackcurrant Fruit is Influenced by Both Genetic and Environmental Factors. *Functional Plant Science and Biotechnology 2010 Global Science Books*. P. 40–52. Hancock Functional Plant Science and Biotechnology 4 (Special Issue 1), 40–522010
26. Redalen G. Black currants grown in simulated climates in growth chambers. *Acta Horticulturae*. 1993;(352):213–216.
27. Artemova E.N., Myasishcheva N.V. The use of fresh and frozen red currant berries of new varieties in the production of jelly products: monograph. Orel: FGBOU VPO "State University - UNPK", 2012. 150 p. (In Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-79-87>  
УДК 635.132:631.526.325:632.4

Л.М. Соколова<sup>1\*</sup>, И.Т. Балашова<sup>2</sup>

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

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

\*Автор для переписки: [lsokolova74@mail.ru](mailto:lsokolova74@mail.ru)

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

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

**Для цитирования:** Соколова Л.М., Балашова И.Т. Наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови. *Овощи России*. 2023;(3):79-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-79-87>

**Поступила в редакцию:** 23.01.2023

**Принята к печати:** 07.02.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Lyubov M. Sokolova<sup>1\*</sup>, Irina T. Balashova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVC) p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, Russia, 140153

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

\*Correspondence Author: [lsokolova74@mail.ru](mailto:lsokolova74@mail.ru)

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

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

**For citations:** Sokolova L.M., Balashova I.T. The heritability of tolerance to pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by carrot hybrids. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):79-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-79-87>

**Received:** 23.01.2023

**Accepted for publication:** 07.02.2023

**Published:** 09.06.2023

# Наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови



## Резюме

**Актуальность.** *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina* и *Fusarium oxysporum* – наиболее распространённые и вредоносные грибные патогены моркови столовой (*Daucus carota* L.) в Российской Федерации и в мире. Потери урожая корнеплодов от этих болезней составляют от 35 до 70%. Создание устойчивых к патогенам сортов и гибридов осложняется фактом полигенного контроля признаков устойчивости моркови столовой к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium*. Взаимодействие с факторами внешней среды обуславливает плавный характер изменчивости полигенных признаков: изменены эффекты межallelельных и межгенных взаимодействий, ослаблена доминантность, усилена роль аддитивности генов. Поэтому в данном случае мы можем говорить не об устойчивости, как таковой, а о толерантности к комплексу патогенов.

**Цель исследований:** определить наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* у перспективных гибридов моркови столовой.

**Материалы и методы.** Материалом исследования служили 7 исходных линий моркови столовой с различным типом корнеплода, 7 перспективных гибриды F<sub>1</sub>, спороносящий мицелий *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* (для заражения). Методы исследования включали: оценку сеянцев, взрослых растений и корнеплодов на инфекционных фонах, дисперсионный и корреляционный анализы. 7 исходных линий моркови столовой оценили на устойчивость к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium* поэтапно на нескольких типах инфекционных фонов, исходя из эпидемиологии возбудителей. Отбрали 1 толерантный и 6 слабовосприимчивых образцов, которые использовали в скрещиваниях. Получили гибридное потомство F<sub>1</sub>, которое также оценили на искусственном и естественном инфекционных фонах.

**Результаты:** 1. Отобраны одна толерантная отцовская исходная форма 1268 и 6 слабовосприимчивых материнских исходных форм, которые были использованы в скрещиваниях. Получены гибриды F<sub>1</sub>. 2. Проведён анализ наследуемости толерантности моркови столовой к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum*, который выявил, что толерантность к данным фитопатогенам наследуется по отцовскому типу. 3. Использование в скрещиваниях толерантной линии моркови 1268 в качестве отцовской формы и слабовосприимчивых материнских форм обеспечило стабильный рост доли образцов, обладающих устойчивостью к *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* в трёх F<sub>1</sub> гибридных популяциях моркови столовой, оценённых на провокационном инфекционном фоне.

**Ключевые слова:** морковь столовая (*Daucus carota*), *Alternaria dauci*, *Fusarium oxysporum*, устойчивость, толерантность, комплексная оценка, линии, гибриды F<sub>1</sub>, наследуемость

# The heritability of tolerance to pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by carrot hybrids

## Abstract

**Relevance.** *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina* and *Fusarium oxysporum* are wide spread and harmful fungal diseases of carrot (*Daucus carota* L.) in the Russian Federation and in the world. Total losses of roots from these diseases are 35-70%. Obtaining of new varieties and hybrids resistant to these pathogens is complicated by the fact of polygenic control resistance traits to fungal diseases of *Alternaria* and *Fusarium* genus. Interaction of polygenic resistance traits with environmental factors causes the soft character of changing these traits: effects of interactions between alleles and genes are changed, the dominant effect become weaker, additive effect become stronger. So, we can say about of the tolerance to complex pathogens for that case.

**The goal of our study** is to determine the heritability of tolerance to fungal pathogens *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by hybrids F<sub>1</sub> of carrot.

**Materials and methods.** Materials of studies were 7 basic lines with different types of roots; 7 prospective hybrids F<sub>1</sub> and mycelium of *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* with spores (for inoculation). Methods of studies were: evaluation resistance of lines and hybrids F<sub>1</sub> (seedlings, adult plants and roots) at different types of infection backgrounds; dispersion and correlation analysis. Resistance the basic lines of carrot to fungi of *Alternaria* and *Fusarium* genus was evaluated step-by-step, using several types of artificial and natural infection backgrounds F<sub>1</sub>. Tolerant samples were selected and they were used in crossings. F<sub>1</sub> – hybrids have been obtained and they have been evaluated at artificial and natural backgrounds.

**Results:** 1. One tolerant male form № 1268 and 6 female forms with weak sensitivity to fungi of *Alternaria* and *Fusarium* genus were selected from basic material. They were used in crossings. Hybrids F<sub>1</sub> have been obtained. 2. Analysis the heritability of carrot resistance to fungal pathogens *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* identified, that such type of resistance inherited by father's type. 3. Using tolerant carrot line № 1268 in crossings as the male form and 6 female forms with weak sensitivity to fungal pathogens *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* increased significantly the percent of tolerant plant in 3 F<sub>1</sub> – hybrid population under artificial infection on provocative infection background.

**Keywords:** carrot (*Daucus carota*), *Alternaria dauci*, *Fusarium oxysporum*, resistance, tolerance, complex evaluation, lines, hybrids F<sub>1</sub> hybrids, heritability

**Введение**

К настоящему времени обнаружено более 10000 видов грибов, ассоциированных с растениями, и не удивительно, что именно грибные патогены наносят больший вред растениям, чем иные патогенные микроорганизмы [1]. Убедительным доказательством этого является широкое распространение грибных заболеваний на моркови столовой на всех стадиях развития растений. Сеянцы *Daucus carota* L. поражаются патогенами рода *Fusarium*, вызывающими заболевание, именуемое «чёрной ножкой», которое приводит к гибели заражённых сеянцев [2]. Взрослые растения повреждает бурая пятнистость листьев (возбудитель *Alternaria dauci* (Kühn), Grovers & Skolko), способствующая преждевременному отмиранию ботвы, что затрудняет использование средств механизации при уборке корнеплодов. При высокой степени поражения растений в корнеплодах моркови столовой уменьшается содержание каротина на 24% и сахаров на 31% [3]. Степень распространения альтернариоза к концу вегетации достигает 90–100%, а развитие болезни - до 15% [4]. И, наконец, при хранении корнеплоды поражаются чёрной гнилью (возбудитель *Alternaria radicina* Meier, Drechsler & Eddy), в результате чего утрачивается 50–70% урожая корнеплодов [2]. Указанные болезни моркови являются наиболее распространёнными и вредоносными в Российской Федерации [4–6] и в мире [7–9].

Создание новых высокопродуктивных и устойчивых к патогенам сортов и гибридов моркови осложняется тем фактом, что признаки устойчивости к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium* у моркови столовой контролируются полигенно. Идентифицировано 11 локусов количественной устойчивости (ЛКУ) у *Daucus carota* к *Alternaria dauci*, но если 4 из них проявлялись регулярно на протяжении 4-х лет при испытании в разных погодных условиях, то 7 из них проявлялись только в одном году. Кроме того, наблюдались значительные различия между аллельными эффектами у 4-х из пяти наиболее благоприятных аллелей, поступивших из 2-х устойчивых родительских линий, а 2 другие благоприятные аллели вообще поступили из восприимчивой линии [10]. Мы полагаем, что постоянное взаимодействие с факторами внешней среды обуславливает плавный характер изменчивости полигенных признаков: в этом случае изменяются эффекты межаллельных и межгенных взаимодействий, ослаблена доминантность, усилена роль аддитивности генов. Поэтому в данном случае мы можем говорить не об устойчивости, как таковой, а о толерантности к комплексу патогенов. Несмотря на значительный прогресс в области генетики устойчивости, определение наследуемости толерантности, столь необходимое селекционеру при планировании гибридизации, до сих пор остаётся существенным пробелом в исследованиях генетических основ устойчивости к данным патогенам.

**Цель исследований:** Определить наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* у перспективных гибридов моркови столовой.

**Материалы и методы исследований**

Материалом исследований служили:

- Вегетирующие растения и корнеплоды 7 линий моркови столовой, относящихся к разным сортотипам: а) сортотип Берликум/Нанская – селекции ВНИИО – 1268, 225В и зарубежной селекции – №22, К 45, МС 1-1, №45, б) сортотип Нантская – 1238В и 661В.

- Вегетирующие растения и корнеплоды F<sub>1</sub> – гибридного материала моркови столовой (сортотип Берликум/Нанская). Всего изучена восприимчивость к патогенам 7 гибридных комбинаций, которые были получены нами в результате скрещиваний толерантных и слабовосприимчивых родительских линий: К45 × 225В, №45 × 225В, №22 × 1268В, К45 × 1238В, №22 × 661В, МС 1-1 × 1268, К45×1268.

- Спороносящий мицелий, необходимый для заражения, выделенный из популяций грибов *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina* и *Fusarium oxysporum*, паразитирующих на моркови в условиях Московской области. Родовую и видовую принадлежность патогенов определяли по морфологии воздушного и субстратного мицелия, а также с помощью видоспецифичных праймеров в ПЦР-анализе [11, 12, 13, 14].

**Методы исследований.** Линейный материал моркови оценивали на 2-х инфекционных фонах (*Fusarium oxysporum*, *Alternaria dauci*) в боксах селекционного центра ВНИИО площадью 48 м<sup>2</sup>. Посев семян проводили вручную. Площадь одной делянки составляла 0,25 м<sup>2</sup> (длина – 1 м, ширина междурядья – 0,25 м), норма высева семян на делянке – 100 штук. Использование инфекционных фонов осуществляли поэтапно – таким образом, как это происходит в естественных условиях: первоначально заражали сеянцы, затем взрослые растения, затем корнеплоды. Заражение *Fusarium oxysporum* и *Alternaria radicina* осуществляли двумя способами: выращиванием сеянцев из семян на фильтрате культуральной жидкости и путём внесения в почву мицелия. Заражение *Alternaria dauci* – путём опрыскивания суспензией спор [15]. Распространённость и интенсивность развития болезней определяли по известной методике [16]. Устойчивость линейного материала к *A. dauci* оценивали, исходя из интенсивности развития болезни на листовых пластинках каждого образца:

- 0 - 0,8 – толерантный
- 0,9-1,5 – слабовосприимчивый
- 1,6-2,4 – средневосприимчивый
- 2,5-3,2 – восприимчивый
- 3,3-4,0 – сильновосприимчивый.

Контролем при определении устойчивости служило поражение растений на естественном инфекционном фоне полей селекционного севооборота [17]. На естественном фоне посев проводили ручной сеялкой. Площадь одной делянки составляла 7 м<sup>2</sup> (длина – 10 м, ширина междурядья 0,7 м) с нормой высева семян на делянку 1 г. Распространённость, интенсивность развития болезней и устойчивость определяли теми же методами, что и на искусственном инфекционном фоне [16].

Устойчивость линейного материала к *A. radicina* и *F. oxysporum* оценивали во время уборки корнеплодов по пятибалльной шкале:

- 0-0,8 балла – поражено менее 20% поверхности корнеплода – толерантный;
- 1-1,5 балла – поражено 21...40% поверхности – слабОВОСПРИИМЧИВЫЙ;
- 2-2,5 балла – поражено 41...60% поверхности – средневосприимчивый;
- 3-3,5 балла – поражено 61...80% поверхности – восприимчивый;
- 4 балла – поражено от 81...100% поверхности корнеплода – сильновосприимчивый.

Для оценки поражённости корнеплодов *A. radicina* и *F. oxysporum* после окончания периода хранения маточников использовали модифицированную нами шкалу ВИР:

- 0 – поражение отсутствует – устойчивый генотип;
- 1 балл – поражено менее 10% поверхности корнеплода – слабОВОСПРИИМЧИВЫЙ генотип;
- 2 балла – поражено 10...25% поверхности корнеплода, симптомы поражения типичные – средневосприимчивый генотип;
- 3 балла – поражено 25...50% поверхности корнеплода, симптомы ярко выражены, спороношение типичное – восприимчивый генотип;
- 4 балла – поражено более 50% поверхности корнеплода, симптомы четко выражены, частичное разрушение тканей, гниение, усыхание – сильновосприимчивый генотип.

Посадку F<sub>1</sub> гибридного материала проводили в поле селекционного центра на площади 175 м<sup>2</sup> по схеме: ширина междурядья – 0,7 м, расстояние в ряду между корнеплодами – 0,25 м. Для успешного заражения соз-

давали провокационный инфекционный фон в полевых условиях известным способом [15]. Оценку устойчивости к патогенам проводили описанными выше способами.

Статистическую обработку данных осуществили методами дисперсионного и корреляционного анализов и с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010. Вычисление коэффициента наследуемости *h*<sup>2</sup> проводили с помощью корреляционного и дисперсионного анализов по методике Доспехова Б.А. [18].

### Результаты исследований

Первоначально провели подробный анализ уровня восприимчивости линейного материала к исследуемым патогенам. Выделение патогенных штаммов для приготовления инокулюма [19], способы инфицирования и создания инфекционных фонов [15] описаны нами ранее. В этой работе мы сосредоточили свои усилия на оценке устойчивости линейного, а затем и гибридного материала моркови, с целью определения наследуемости устойчивости к *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum*. Для того чтобы наиболее полно оценить устойчивость линий, мы постарались воспроизвести все возможные пути их заражения в естественных условиях:

1. Вырастили семена на фильтрате культуральной жидкости *F. oxysporum* и *A. radicina* (ФкЖ), имитируя заражение семян при занесении спор патогена на поверхность семени с потоком влаги, и отобрали устойчивые сеянцы.

2. Оценили устойчивость сеянцев при искусственном заражении *F. oxysporum*, *A. radicina*, внося патогены в почву (ИИФ-1), и *A. dauci* - путём опрыскивания

Таблица 1. Устойчивость к альтернариозу и фузариозу линейного материала моркови столовой, оценённая на разных типах инфекционных фонов, 2011-2012 годы  
Table 1. Results of resistance evaluation to *Alternaria dauci*, *A. radicina* and *Fusarium oxysporum* of carrot lines, estimated at different types of infection backgrounds, 2011-2012

Линии	Группы устойчивости по годам вегетации								
	1 год					2 год			
	сеянцы		листья			корнеплоды		листья	
	ФкЖ*	ИИФ-1	ПИФ-1	ПИФ-2	ЕИФ	ИИФ-2	ЕИФ	ПИФ-2	ЕИФ
1268	Т**	Т	У	Т	Т	Т	Т	У	У
690П	Т	СВ	Т	Т	СВ	Т	Т	СВ	Т
1238В	СВ	СВ	Т	СВ	СВ	Т	Т	Т	Т
661В	СВ	СВ	Т	Т	СВ	СВ	Т	Т	СВ
22	Т	СВ	Т	Т	Т	Т	Т	СВ	Т
К45	СВ	СВ	Т	СВ	Т	Т	Т	СВ	Т
МС 1-1	СВ	СВ	Т	Т	Т	СВ	Т	Т	Т

Обозначения - результаты оценки:

\* ФкЖ – сеянцев на фильтрате культуральной жидкости *A. radicina* и *F. oxysporum*; ИИФ-1 – сеянцев при искусственном заражении *A. radicina* и *F. oxysporum*; ПИФ –1 – сеянцев на провокационном инфекционном фоне *A. dauci*; ПИФ –2 – взрослых растений на полевом провокационном инфекционном фоне *A. dauci*; ИИФ-2 – корнеплодов после хранения и искусственного заражения *F. oxysporum* и *A. radicina*; ЕИФ – взрослых растений на естественном инфекционном фоне в открытом грунте.

\*\* Группы устойчивости: У – устойчивый, Т – толерантный, СВ – слабОВОСПРИИМЧИВЫЙ.

суспензией спор и создания провокационного инфекционного фона (ПИФ-1).

3. Определили устойчивость взрослых растений после заражения *A. dauci* путём опрыскивания суспензией спор и создания провокационного инфекционного фона (ПИФ-2).

4. Оценили устойчивость взрослых растений на естественном инфекционном фоне (ЕИФ).

5. Определили устойчивость корнеплодов после выращивания растений на искусственном инфекционном фоне *F. oxysporum* и *A. radicina* и после хранения (ИИФ-2).

6. Оценили устойчивость корнеплодов, отобранных на естественном инфекционном фоне (ЕИФ).

7. Определили устойчивость взрослых растений второго года на провокационном инфекционном фоне *A. dauci* (ПИФ-2).

8. Оценили устойчивость взрослых растений на естественном инфекционном фоне (ЕИФ).

Результаты данной комплексной оценки представлены в сводной таблице 1.

Анализ результатов оценки свидетельствует о том, что наиболее устойчивым образцом из представленного материала является линия 1268, которая проявляет, тем не менее, только толерантность к исследуемым патогенам. Остальные линии демонстрируют слабую восприимчивость. Некоторые из них (22, K45, MC 1-1) проявляют толерантность на естественном инфекционном фоне (табл.1).

Проведя серию скрещиваний и получив гибридный материал моркови, мы оценили его восприимчивость

на провокационных инфекционных фонах *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* в течение ряда лет – с 2014 по 2019 годы. В качестве стандарта толерантности использовали отцовскую форму – линию 1268. Оценка уровня восприимчивости к *A. dauci* семи F<sub>1</sub> гибридных комбинаций позволила отобрать 3 гибридных комбинации с определённым уровнем устойчивости к патогенам рода *Alternaria*: K45 x 1268; K45 x 225B и MC 1-1 x 1268 (табл.2).

Комбинацию K45 x 1268 можно охарактеризовать, как толерантную к *A. dauci* (степень поражения листьев по годам – норма реакции – 0,0,9), так как она проявляла степень поражения листьев на уровне стандарта толерантности. Комбинации K45 x 225B и MC 1-1 x 1268 были оценены как слабовосприимчивые к *A. dauci* (степень поражения листьев по годам – норма реакции – 0,9-1,6).

Что же касается восприимчивости к *Fusarium oxysporum*, оценка, проведённая в 2014-2019 годах на провокационном инфекционном фоне, выявила четыре гибридные комбинации: K45 x 1268; №22 x 1268; MC 1-1 x 1268 и K45 x 225B, которые характеризовались как толерантные и слабовосприимчивые к патогенам рода *Fusarium*. Причём комбинация K45 x 1268 снова проявила толерантность к фитопатогену: степень поражения корнеплодов по годам – норма реакции – 0,8-1,1, уровень отклонения от стандарта – в пределах НСР05, а комбинации №22 x 1268; MC 1-1 x 1268 и K45 x 225B показали слабую восприимчивость: степень поражения корнеплодов по годам – норма реакции – 0,9-1,5 (табл.3).

Таблица 2. Степень восприимчивости к *Alternaria dauci* семи гибридных комбинаций моркови столовой, оценённая на провокационном инфекционном фоне. ВНИИО, 2014-2019 годы  
Table 2. Degree of sensitivity to *Alternaria dauci* 7 hybrid combinations of carrot at provocative infection background. 2014-2019

Гибридная комбинация	Степень поражения листьев по годам, средний балл						Σ <sub>v</sub>	Среднее	Отклонение от St
	2014	2015	2016	2017	2018	2019			
1268 – St тол.*	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	3,6	0,60	St
№22 x 1268	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	0,9	7,2	1,20	0,60
K45 x 1238B	1,2	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	8,5	1,42	0,82
№22 x 661B	1,2	1,7	1,6	1,2	1,1	1,1	7,9	1,32	0,72
MC1-1 x 1268	1,6	1,4	1,3	1,1	0,8	0,8	7,0	1,17	0,57
K45 x 1268	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,9	5,1	0,85	0,25
K45 x 225B	1,2	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	7,1	1,18	0,58
№45 x 225B	1,5	1,3	1,4	1,5	1,2	1,1	8,0	1,33	0,73
Σ <sub>p</sub>	9,5	10,2	10,0	8,6	8,2	7,9	54,4	НСР05	0,34

\* St тол. – стандарт толерантности

Таблица 3. Степень восприимчивости к *Fusarium oxysporum* семи гибридных комбинаций моркови столовой. ВНИИО, 2014-2019 годы  
Table 3. Degree of sensitivity to *Fusarium oxysporum* 7 hybrid combinations of carrot at provocative infection background. 2014-2019

Гибридная комбинация	Степень поражения корнеплодов по годам, средний балл						Σv	Среднее	Отклонение от St
	2014	2015	2016	2017	2018	2019			
1268 – St тол.*	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	4,4	0,73	St
№22 x 1268	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	0,9	7,0	1,16	0,43
K45 x 1238B	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	7,7	1,28	0,55
№22 x 661B	1,4	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0	7,1	1,18	0,45
MC1-1 x 1268	1,5	1,3	1,3	1,1	0,9	0,8	6,9	1,15	0,42
K45 x 1268	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	5,7	0,95	0,22
K45 x 225B	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	6,6	1,1	0,37
№45 x 225B	1,5	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1	7,9	1,32	0,59
Σp	10,4	10,0	9,4	8,6	7,8	7,1	53,3	НСП05	0,22

\* St тол. – стандарт толерантности

Успех селекционного процесса при отборе устойчивых комбинаций в процессе гибридизации перекрёстно опыляющихся двулетних культур в значительной степени обусловлен корректным подбором родительских пар. При этом очень важно установить, каким образом наследуется изучаемый признак. Поскольку признаки устойчивости к грибам родов *Alternaria* и *Fusarium* у моркови столовой контролируется полигенно, единственным способом определить такую закономерность, является вычисление коэффициента наследуемости, который можно определить, как с помощью корреляционного анализа – при оценке материнских форм, так и с помощью дисперсионного анализа – при оценке отцовского компонента скрещивания [18]. Мы обратили внимание на то, что и в случае оценки устойчивости к *A. dauci*, и в случае оценки устойчивости к *F. oxysporum* наибольший уровень устойчивости выявлялся в комбинациях с отцовской формой 1268. В связи с этим был проведен эксперимент по определению наследуемости толерантности к возбудителям родов *Alternaria* и *Fusarium* гибридов F<sub>1</sub>. Для того чтобы выяснить, влияет ли материнская форма на проявление признака устойчивости/толерантности к исследуемым патогенам, провели корреляционный анализ, используя результаты оценки на искусственном инфекционном фоне материнских форм и гибридов, полученных от скрещивания с единственной отцовской формой – 1268 –

с целью соблюдения принципа единственного логического различия. Всего было исследовано 22 ковариационных пары. В результате было установлено, что материнский компонент скрещивания не влияет на проявление признака толерантности к *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* у гибридов F<sub>1</sub> гибридов моркови столовой. В первом случае коэффициент корреляции составил 0,07. Ошибка и существенность коэффициента корреляции:  $tr=0,07$ ;  $t_{05}=2,09$ ;  $t_{05}>tr$  – корреляция не значима. Следовательно, устойчивость (толерантность) к *Alternaria dauci* по материнскому типу не наследуется, и отбор материнских форм по данному признаку будет неэффективным. Во втором случае коэффициент корреляции составил 0,23. Ошибка и существенность коэффициента корреляции:  $tr=1,05$ ;  $t_{05}=2,09$ ;  $t_{05}>tr$  – корреляция не значима, следовательно, нулевая гипотеза принимается. Устойчивость (толерантность) к *Fusarium oxysporum* по материнскому типу не наследуется. Можно ожидать, что она будет наследоваться по отцовскому типу. Таким образом, в экспериментах с участием материнских форм и гибридов F<sub>1</sub> моркови столовой было установлено, что проявление групповой устойчивости у гибридов F<sub>1</sub> не зависит от материнской формы. Было выдвинуто предположение, что данный признак может определяться отцовской формой.

Для того, чтобы это доказать, мы применили дисперсионный анализ, используя результаты оценки устой-

Таблица 4. Анализ наследуемости устойчивости/восприимчивости к *Alternaria dauci* гибридам F<sub>1</sub> моркови столовой. ВНИИО, 2014-2019 годы  
Table 4. Analysis the heritability of resistance/sensitivity to *Alternaria dauci* by hybrids F<sub>1</sub> of carrot. 2014-2019

Материнская форма	Отцовская форма	Степень поражения листьев по годам, средний балл						Σv	Среднее
		2014	2015	2016	2017	2018	2019		
K45	1238B	1,2	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	8,5	1,42
K45	1268	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,9	5,1	0,85
K45	225B	1,2	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	7,1	1,18
	Σp	3,3	3,7	3,7	3,2	3,5	3,3	20,7	-

чивости трёх F<sub>1</sub> гибридов моркови, полученных с участием одной материнской формы – К45 и трёх отцовских форм (для соблюдения принципа единственного логического различия). Результаты анализа представлены в таблицах 4-7.

Таблица 5. Результаты дисперсионного анализа  
Table 5. Results of dispersion analysis

Дисперсии	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>
Общая	1,18	17	-	-	-
Повторений	0,07	5	-	-	-
Отцовских форм	0,97	2	0,485	34,64	4,10
Остаток (ошибки)	0,14	10	0,014	-	-

При вычислении генотипической и фенотипической изменчивости и коэффициента наследуемости по результатам дисперсионного анализа были получены следующие результаты:  $s_r^2=0,0785$ ;  $s_{\phi}^2=0,0925$ ;  $h^2=0,85$  или 85%. Таким образом, коэффициент наследуемости равен 85%, и, следовательно, отбор отцовских форм по этому признаку должен быть эффективным.

Аналогичный анализ был проведен в отношении устойчивости/восприимчивости к *Fusarium oxysporum* (таблицы 6,7).

Анализируя при вычислении генотипической и фенотипической изменчивости, а также коэффициент насле-

дуемости по результатам дисперсионного анализа получили данные:  $s_r^2=0,0277$ ;  $s_{\phi}^2=0,0317$ ;  $h^2=0,87$  или 87%. Таким образом, коэффициент наследуемости равен 87%, и, следовательно, отбор отцовских форм по этому признаку должен быть эффективным.

Необходимо отметить, что высокий уровень наследуемости признака устойчивости моркови столовой к *Alternaria dauci* (77%) отмечали и другие исследователи [10], но в своей публикации они не уточняли, какой компонент скрещивания нужно использовать в качестве донора данного признака. Мы это сделали впервые. Кроме того, считаем необходимым подчеркнуть, что поскольку устойчивость к *Alternaria dauci* и устойчивость к *Fusarium oxysporum* контролируется полигенно, степень проявления признака (норма реакции) будет зависеть от факторов окружающей среды. Поэтому мы и провели свои исследования в разные годы, используя данный фактор в качестве повторности.

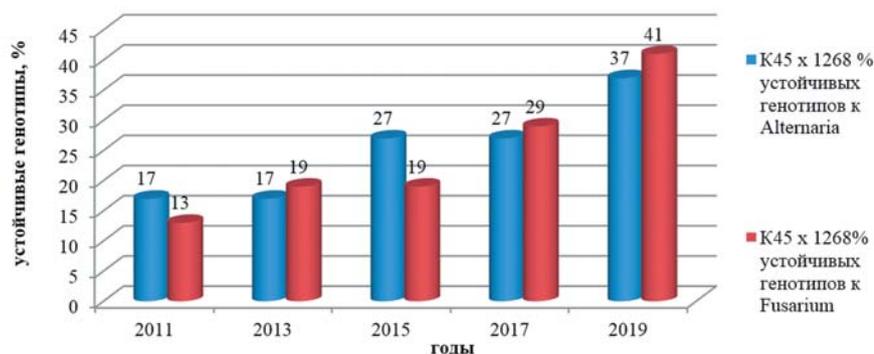
Используя устойчивую линию моркови 1268 в качестве отцовской формы и слабовосприимчивые материнские формы в скрещиваниях, мы получили стабильный рост доли устойчивых образцов в гибридных популяциях моркови столовой (объём выборки – 100 растений) с 2011 по 2019 год. Причём, рост этот наблюдался и в случае заражения *Alternaria dauci*, и в случае заражения *Fusarium oxysporum* в трёх гибридных популяциях, отобранных нами: толерантной – К45 x 1268 и слабовосприимчивых – №22 x 1268 и МС1-1 x 1268 (рис.1-3). Незначительное отклонение мы наблюдали в комбинации МС 1-1 в случае заражения *Alternaria dauci* в 2017 году, но процент устойчивых образцов в 2019 году восстанавливался (рис.3).

Таблица 6. Анализ наследуемости устойчивости/восприимчивости к *Fusarium oxysporum* гибридами F<sub>1</sub> – гибридами моркови столовой. ВНИИО, 2014-2019 годы  
Table 6. Analysis the heritability of resistance/sensitivity to *Fusarium oxysporum* by hybrids F<sub>1</sub> carrot. 2014-2019

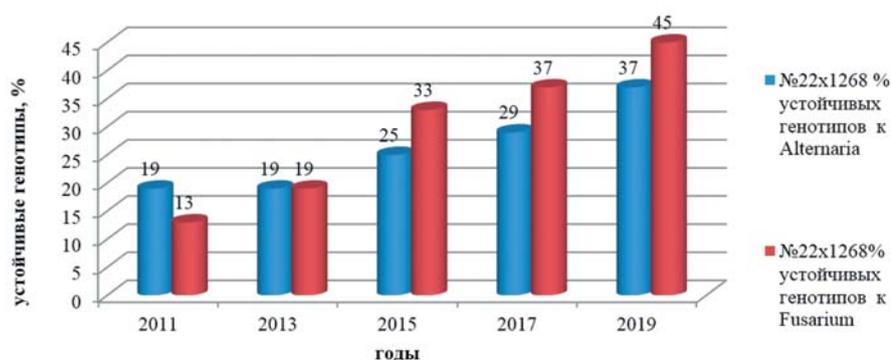
Материнская форма	Отцовская форма	Степень поражения корнеплодов по годам, средний балл						Σ <sub>v</sub>	Среднее
		2014	2015	2016	2017	2018	2019		
К45	1238В	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	7,7	1,28
К45	1268	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	5,7	0,95
К45	225В	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	6,6	1,1
Σ <sub>p</sub>		3,8	3,8	3,7	3,2	2,9	2,6	20,0	-

Таблица 7. Результаты дисперсионного анализа  
Table 7. Results of dispersion analysis

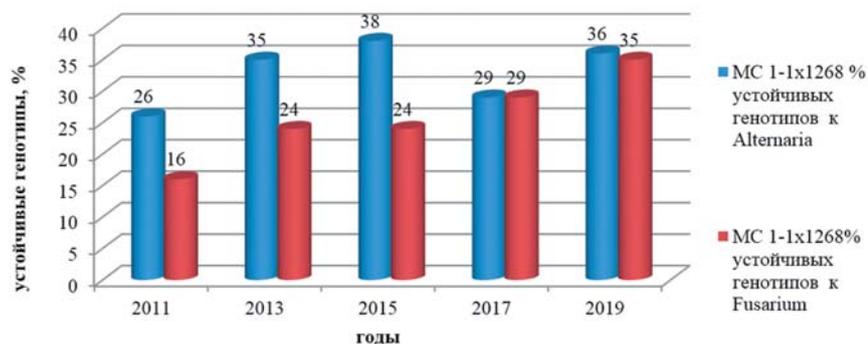
Дисперсии	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>
Общая	0,82	17	-	-	-
Повторений	0,44	5	-	-	-
Отцовских форм	0,34	2	0,17	42,5	4,10
Остаток (ошибки)	0,04	10	0,004	-	-



**Рис. 1.** Повышение доли устойчивых образцов в F<sub>1</sub> гибридной популяции моркови столовой К-45 x 1268 (выборка – 100 растений) на провокационных инфекционных фонах *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum*, 2011-2019 годы  
**Fig. 1.** Increasing % of resistant plants in F<sub>1</sub> hybrid population of carrot K-45 x 1268 (from 100 of free choosing plants) at provocation infection backgrounds of *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum*, 2011-2019



**Рис. 2.** Повышение доли устойчивых образцов в F<sub>1</sub> гибридной популяции моркови столовой №22 x 1268 (выборка – 100 растений) на провокационных инфекционных фонах *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum*, 2011-2019 годы  
**Fig.2.** Increasing % of resistant plants in F<sub>1</sub> hybrid population of carrot №22 x 1268 (from 100 of free choosing plants) at provocation infection backgrounds of *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum*, 2011-2019



**Рис. 3.** Повышение доли устойчивых образцов в F<sub>1</sub> гибридной популяции моркови столовой MC 1-1 x 1268 (выборка – 100 растений) на провокационных инфекционных фонах *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum*, 2011-2019 годы  
**Fig.3.** Increasing % of resistant plants in F<sub>1</sub> hybrid population of carrot MC 1-1 x 1268 (from 100 of free choosing plants) at provocation infection backgrounds of *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum*, 2011-2019

Возрастание процента устойчивых образцов в гибридных популяциях было постепенным, но устойчивым, что свидетельствовало о правильно выбранной стратегии селекции. Необходимо отметить, что возрастание процента устойчивых образцов наблюдалось на провокационных фонах.

## Обсуждение

Селекция образцов, устойчивых к фитопатогенам, у перекрёстноопыляющихся культур в значительной степени осложняется фактом полигенного контроля признака устойчивости. Характер изменчивости полигенных признаков обусловлен постоянным взаимодействием с факторами внешней среды. Дополнительное присутствие патогена накладывает свои ограничения на проявление признака. Тем более, когда речь идёт об устойчивости к группе патогенов, относящихся к разным видам и родам. В результате осложняется определение стабильных ЛКУ, связанных с признаком устойчивости к фитопатогену [9, 10, 23], не говоря уже о том, чтобы определить наследуемость данного признака. Определение наследуемости целевого признака при создании гибридов является ключевой позицией любого селекционера. Поэтому мы придерживаемся мнения академика Жученко А.А., который писал, что «наследуются не признаки ..., а их норма реакции, т.е. генетически обусловленная способность определенным образом реагировать на варьирующие условия окружающей среды» [20]. Спектр генов, детерминирующих среднюю величину и генетическую дисперсию количественного признака, постоянно меняется в результате смены лимитирующего фактора внешней среды [21, 22]. Особенно это заметно в настоящее время – в условиях глобального изменения климата. В таких условиях наиболее прагматичным для селекции нами и рядом других исследователей [23-26] считается системный подход, обеспечивающий в равной степени оценку в проявлении признака генотипической и фенотипической изменчивости. Кроме того, необходимо учитывать эпидемиологические особенности фитопатогенов и возможности их эпигенетического контроля.

Вот почему в настоящее время исследователи ищут другие подходы к селекции устойчивых образцов. Разрабатываются целевые комплексные программы, включающие системный подход к генетическому разнообразию патогенов, их эпидемиологии, физиологии растения-хозяина и механизмам устойчивости. Оценивается совместимость различных механизмов контроля пато-

генов и целевых подходов к решению проблем производства продукции [24]. Использование гибридов, на которое ранее делали ставку наиболее продвинутые производители, приводит к единообразию геномов, что отрицательно сказывается не только на вкусовых качествах продукции, но и на устойчивости к патогенам [25]. Поэтому селекционеры в настоящее время склонны уделять больше внимания разработке **сортов**, которые лучше адаптированы к изменениям климата, и могут выращиваться, например, в условиях засухи [26].

Изучается вариабельность устойчивости диких форм *Daucus carota* L., которые ранее считались несомненными источниками устойчивости к патогенам, и выясняется, что далеко не все из них обладают системной устойчивостью [27, 28].

Учитывая современные тенденции в селекции *Daucus carota* L., предлагаем следующий подход:

1. Особое внимание уделить оценке линейного материала на первых этапах селекции. Моделировать все эпидемиологические ситуации, которые возможны в условиях естественного заражения, отбирая толерантный и слабовосприимчивый линейный материал на жёстких инфекционных фонах в инфекционных боксах. В качестве материала для заражения использовать чистые культуры грибов, выделенные из популяций, паразитирующих на моркови в данной местности.

2. При анализе устойчивости гибридов обязательно использовать коэффициент наследуемости, который до сих пор остаётся единственным показателем, определяющим вклад генетической составляющей в общую вариабельность признака [29-32].

3. При гибридизации использовать устойчивую/толерантную линию моркови в качестве отцовской форм, а слабовосприимчивые линии – в качестве материнских форм.

4. Гибридный материал оценивать на провокационном инфекционном фоне в полевых условиях.

Данный подход позволил нам существенно увеличить долю устойчивых образцов в F<sub>1</sub> – гибридных популяциях моркови столовой (рис.1-3).

### Выводы

В результате комплексной оценки устойчивости исходных родительских форм к наиболее распространённым и вредоносным грибным заболеваниям, а также анализа наследуемости данной устойчивости F<sub>1</sub> гибридным потомством моркови столовой были сделаны следующие выводы:

1. Оценка линейного исходного материала на жёстких инфекционных фонах должна быть эпидемиологически обоснованной, т.е. предусматривать все возможные сценарии заражения патогенами. Для создания искусственного инфекционного фона следует отбирать изоляты из местных популяций патогенов и получать из них чистые культуры грибов, которые использовать для заражения.

2. При полигенном контроле устойчивости проявление признака происходит в границах нормы реакции, поэтому в данном случае нужно говорить не об устойчивости, а о толерантности к патогену.

3. Толерантность моркови столовой к *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* наследуется по отцовскому типу, следовательно, при создании толерантных F<sub>1</sub>-гибридов толерантные линии нужно использовать в качестве отцовского компонента скрещивания.

4. Обеспечить стабильный рост доли непоражаемых *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* генотипов в F<sub>1</sub> гибридных популяциях моркови столовой помогло использование в скрещиваниях толерантной линии моркови 1268 в качестве отцовской формы и слабовосприимчивых линий – в качестве материнских форм.

### Об авторах:

**Любовь Михайловна Соколова** – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории корнеплодных культур и лука, <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>, автор для переписки, [lsokolova74@mail.ru](mailto:lsokolova74@mail.ru)

**Ирина Тимофеевна Балашова** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории зеленных, пряновкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>, [balashova56@mail.ru](mailto:balashova56@mail.ru)

### About the Authors:

**Lyubov M. Sokolova** – Doc. Sci. (Agriculture), the leader researcher the laboratory of breeding root and Alliaceae crops, <https://orcid.org/0000-0001-6223-4767>, Correspondence Author, [lsokolova74@mail.ru](mailto:lsokolova74@mail.ru)

**Irina T. Balashova** – Doc. Sci. (Biology), Leader Researcher of Green, Aromatic and Decorative Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>, [balashova56@mail.ru](mailto:balashova56@mail.ru)

### • Литература

- Hussain F., Usman F. *Abiotic and Biotic Stress in Plants* /IntechOpen, London, UK, 2019. doi: 10.5772/intechopen.83406.
- Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infection diseases of plants: etiology, modern status, problems and prospects of plant protection. *Acta Nature*. 2020;12,3(46):46-59. doi: 10.32607/actanature.11026.
- Иванюк В.Г., Сидунова Е.В. Буряя пятнистость листьев моркови и пути снижения ее вредоносности. Овощеводство. *Сборник научных трудов Белорусского НИИ овощеводства*. Минск. 1998;(10):85-93.
- Ганибал Ф.Б., Орина А.С., Левитин М.М. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России. *Защита и карантин растений*. 2010;(5):30–32.
- Ахатов А.К., Ганибал Ф.Б., Мешков Ю.И., Джалилов Ф.С., Чижов В.Н., Игнатов А.Н., Полищук В.П., Шевченко Т.П., Борисов Б.А., Стройков, Ю.М., Белошапкина, О.О. *Болезни и вредители овощных культур и картофеля*. Товарищество научных изданий КМК, Москва, 2013, 463 с.
- Тимина Л.Т., Енгальчева И.А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях центрального региона РФ. *Овощи России*. 2015;(3-4):123-129. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-123-129>. EDN UGKXKZ.
- Boiteux L. Heritability estimate for resistance to *Alternaria dauci* in carrot /Delia Vecchia P. and Reifschieder F. (eds). *Plant Breeding*. 1993;(110): 65–167.
- Налобова В.Л. Буряя пятнистость листьев (возбудитель-гриб *Alternaria dauci*) моркови столовой. Овощеводство. *Сборник научных трудов Белорусского НИИ овощеводства*. Минск, 2009;(16):231-237.
- Koutouan, C., Le Clerc, V., Baltenweck, R., Claudel, P., Halter, D., Hugueney, Ph., Hamama, L., Suel, A., Huet, S., Bouvet, Merlet, M.-H., Briard, M. Link between carrot leaf secondary metabolites and resistance to *Alternaria dauci*. *Science Reports*. 2018;13,8(1):13746. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31700-2>.
- Le Clerc V., Marques S., Suel A., Huet S., Hamama L., Viosine L., Auperpin E., Jourdan M., Barrot L., Prieur R., Briard M. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(11):2177-2187. doi: 10.1007/s00122-015-2576-z.
- Семёнов А.Н., Дивашук М.Г., Карлов Г.И., Терешонкова Т.А., Соколова Л.М., Егорова А.А., Ховрин А.Н., Леунов В.И., Алексеева К.Л. Идентификация грибов рода *Fusarium*. *Картофель и овощи*. 2016;(2):18-20.
- Семёнов А.Н., Дивашук, М.Г., Баженов М.С., Карлов Г.И., Леунов В.И., Ховрин А.Н., Егорова А.А., Соколова Л.М., Терешонкова Т.А. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров у ряда видов рода *Fusarium*. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(1):40-50.
- Соколова Л.М. Анализ видового разнообразия грибов рода *Fusarium*. *Аграрная наука*. 2019;(S1):118-122.
- Соколова Л.М., Егорова А.А., Ховрин А.Н. Определение видо-

- вой принадлежности грибов рода *Fusarium* молекулярным методом. *Аграрная наука*. 2021;(S9):118-124.
15. Леунов В.И., Ховрин А.Н., Терешонкова Т.А., Соколова Л.М., Горшкова Н.С., Алексеева К.Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*). Методические рекомендации, Москва, 2011. 61 с.
  16. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / Белик В.Ф. (ред.), Агропромиздат, Москва, 1992. 318 с. ISBN 5-10-002507-7.
  17. Монахос Г.Ф., Джалилов Ф.С., Монахос С.Г. *Оценка устойчивости капустных растений к киле (возбудитель *Plasmiodiophora brassicae* Wor.)*. РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, 2009. 24 с.
  18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Агропромиздат, Москва, 1985. 351 с.
  19. Егрова А.А., Соколова Л.М. Приготовление постоянных препаратов патогенных штаммов из родов *Alternaria* и *Fusarium* для селекции моркови столовой на устойчивость. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016;5(139):20-25.
  20. Жученко, А.А. Роль репродуктивного направления селекции культурных растений. /Балашова Н.Н., Козарь Е.Г. (ред.). *Методические указания по гаметной селекции сельскохозяйственных растений*, ВНИИССОК, Москва, 2001. С. 7-46.
  21. Жученко А.А., Король А.Б. Рекомбинация в эволюции и селекции. Наука, Москва, 1985. 400 с.
  22. Драгавцев В.А. Новый метод генетического анализ полигенных и количественных признаков растений. *Эколого-генетический скрининг генофонда*. Санкт-Петербург.1998. С. 180-252.
  23. Le Clerc V., Aubert C., Cottet V., Yovanopoulos C., Piquet M., Suel A., Huet S., Koutouan C., Hamama L., Chalot G., Jost M., Pumo B., Briard M. Resistance carrots to *Alternaria dauci* or tasty carrots: should we choose? *Acta Horticulture*. 2019;(1264):199-204. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.24.
  24. Briard M. Carrot biotic stresses: challengers and research priorities. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):113-122. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.13.
  25. Shibaya T., Kuroda C., Fujii T., Nakayama S., Minami C., Shirasawa K. and Isoke S. Genomic diversity in old and recent carrot cultivars and breeding populations at a Japanese seed company. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):249-254. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.30.
  26. Simon P.W. Beyond the genome: carrot production trends, research advances and future crop improvement. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):1-8. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.1.
  27. Соколова Л.М., Иванова М.И. Дикие виды *Daucus L.* в селекции и сохранение их *ex situ* в условиях Московской области. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021;2(54):130-140. [https://doi: 10.18286/1816-4501-2021-2-130-140](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-2-130-140).
  28. Geoffriau E., Charpentier T., Huet S., Hägnefelt A., Lopes V., Nothnagel T., Lohwasser U., Mallor Gimenez C., Allender C. Carrot Diverse: understanding variation in a wild relative of carrot. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):151-156. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.18.
  29. Visscher P.M., Hill W.G., Wray N.R. Heritability in the genomic era – concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*. 2008;(9):255-266. doi: 10.1038/nrg2322.
  30. Đorđević R., Zečević B., Zdravković J., Živanović T., Todorović G. Inheritance of yield components in tomato. *Genetika*. 2010;3(42):575-583. doi: 10.2298/GENSR1003575D.
  31. Jevtić G., Anđelković B., Lugić Z., Radović Ja., Dinić B. Heritabilnost proizvodnih osobina regionalnih populacija medonosne pčele iz Srbije. *Genetika*, Beograd. 2012;44(1):47-54.
  32. Пивоваров В.Ф., Балашова И.Т., Сирота С.М., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Анализ эффективности гибридизации по степени проявления целевых признаков в поколениях F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> при селекции новых форм томата для многоярусной узкостеллажной гидропонике. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(5):1-6. [https://doi: 10.15389/agrobiol.2017.5.1049.rus](https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.5.1049.rus).
  7. Boiteux L. Heritability estimate for resistance to *Alternaria dauci* in carrot /Delia Vecchia P. and Reifschieder F. (eds). *Plant Breeding*. 1993;(110): 65–167.
  8. Nalobova B.L. Brown spots of carrot leaves (pathogen - *Alternaria dauci*). Annals of Byelorussian Research Institute of Vegetable crop production. Minsk. 2009;(16):231-237. (in Russian).
  9. Koutouan, C., Le Clerc, V., Baltenweck, R., Claudel, P., Halter, D., Huguency, Ph., Hamama, L., Suel, A., Huet, S., Bouvet, Merlet, M.-H., Briard, M. Link between carrot leaf secondary metabolites and resistance to *Alternaria dauci*. *Science Reports*, 2018, September, 13, 8(1): 13746. [https://doi: 10.1038/s41598-018-31700-2](https://doi.org/10.1038/s41598-018-31700-2).
  10. Le Clerc V., Marques S., Suel A., Huet S., Hamama L., Viosine L., Auperpin E., Jourdan M., Barrot L., Prieur R., Briard M. QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(11):2177-2187. doi: 10.1007/s00122-015-2576-z.
  11. Semionov A.N., Divashuk M.G., Karlov G.I., Tereshonkova T.A., Sokolova L.M., Egorova A.A., Khovrin A.N., Leunov V.I., Alexeeva K.L. Identification of *Fusarium* genus fungi. *Potatoes and Vegetables*. 2016;(2):18-20. (in Russian).
  12. Semenov A.N., Divashuk M.G., Bazhenov M.S., Karlov G.I., Leunov V.I., Khovrin A.N., Egorova A.A., Sokolova L.M., Tereshonkova, T.A. Comparative analysis of polymorphism of microsatellite markers in a number of species of the genus *Fusarium*. *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2016;(1):40-50. (in Russian).
  13. Sokolova L.M. Analysis of the species diversity of fungi of the genus *Fusarium*. *Agrarian science*. 2019;(S1):118-122. (in Russian).
  14. Sokolova L.M., Egorova A.A., Khovrin A.N. Determination of the species of fungi of the genus *Fusarium* by the molecular method. *Agrarian science*. 2021;(S9):118-124.
  15. Leunov V.I., Khovrin A.N., Tereshonkova T.A., Sokolova L.M., Gorshkova N.S., Alexeeva K.L. *Methods of rapid carrot breeding of carrot plants with complex resistance to fungi diseases (Alternaria and Fusarium)*. Moscow, 2011. 61 p. (in Russian).
  16. Methods of experiment in vegetable crop production / Belik V.F.(edith.), Agropromizdat, Moscow, 1992: 318p. ISBN 5-10-002507-7(in Russian).
  17. Monakhos G.F., Dzhaliylov F.S., Monakhos S.G. Resistance evaluation of cabbage plants to *Plasmiodiophora brassicae* Wor.. RGAU-MSKHA-Timiriyaev-named, Moscow, 2009. 24 p. (in Russian).
  18. Dospekhov B.A. Methods of field experiment Agropromizdat, Moscow, 1985. 351 p. (in Russian).
  19. Egorova A.A., Sokolova L.M. Making of the constant preparations of pathogenic strains from *Alternaria* and *Fusarium* genus for infection of carrot during carrot breeding on resistance. *Vestnik of Altai State Agrarian University*. 2016;5(139):20-25. (in Russian).
  20. Zhuchenko A.A. Role of reproductive selection in crop breeding /Balashova N.N., Kozari E.G. (eds). *Methods of gamete selection for agricultural plants*, VNISSOK, Moscow, 2001. 7-46 p. (in Russian).
  21. Zhuchenko A.A., Korol A.B. Recombination in evolution and plant breeding. *Nauka*, Moscow, 1985. 400 p. (in Russian).
  22. Dragavtsev V.A. New genetic analysis for the polygenic and quantitative traits. In: *Ecological-genetic screening of basic material. Sankt-Petersburg*. 1998. P. 180-252. (in Russian).
  23. Le Clerc V., Aubert C., Cottet V., Yovanopoulos C., Piquet M., Suel A., Huet S., Koutouan C., Hamama L., Chalot G., Jost M., Pumo B., Briard M. Resistance carrots to *Alternaria dauci* or tasty carrots: should we choose? *Acta Horticulture*. 2019;(1264):199-204. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.24.
  24. Briard M. Carrot biotic stresses: challengers and research priorities. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):113-122. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.13.
  25. Shibaya T., Kuroda C., Fujii T., Nakayama S., Minami C., Shirasawa K. and Isoke S. Genomic diversity in old and recent carrot cultivars and breeding populations at a Japanese seed company. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):249-254. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.30.
  26. Simon P.W. Beyond the genome: carrot production trends, research advances and future crop improvement. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):1-8. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.1.
  27. Sokolova L.M., Ivanova M.I. Wild species *Daucus L.* in plant breeding and reservation its *ex situ* in Moscow region. *Vestnik of Ulianov State Agricultural Academy*. 2021;2(54):130-140. doi: 10.18286/1816-4501-2021-2-130-140 (in Russian).
  28. Geoffriau E., Charpentier T., Huet S., Hägnefelt A., Lopes V., Nothnagel T., Lohwasser U., Mallor Gimenez C., Allender C. Carrot Diverse: understanding variation in a wild relative of carrot. *Acta Horticulture*. 2019;(1264):151-156. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1264.18.
  29. Visscher P.M., Hill W.G., Wray N.R. Heritability in the genomic era – concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*. 2008;(9):255-266. doi: 10.1038/nrg2322.
  30. Đorđević R., Zečević B., Zdravković J., Živanović T., Todorović G. Inheritance of yield components in tomato. *Genetika*. 2010;3(42):575-583. doi: 10.2298/GENSR1003575D.
  31. Jevtić G., Anđelković B., Lugić Z., Radović Ja., Dinić B. Heritabilnost proizvodnih osobina regionalnih populacija medonosne pčele iz Srbije. *Genetika*, Beograd. 2012;44(1):47-54.
  32. Пивоваров В.Ф., Балашова И.Т., Сирота С.М., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Анализ эффектов гибридизации по степени проявления целевых признаков в поколениях F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> - поколениях в процессе селекционного нового томата для многоярусной узкостеллажной гидропонике. *Аграрная наука*. 2017;52(5):1-6. doi: 10.15389/agrobiol.2017.5.1049rus (in Russian).

## • References

1. Hussain, F., Usman, F. *Abiotic and Biotic Stress in Plants* /IntechOpen, London, UK, 2019. doi: 10.5772/intechopen.83406.
2. Nazarov, P.A., Baleev, D.N., Ivanova, M.I., Sokolova, L.M., Karakozova, M.V. Infection diseases of plants: etiology, modern status, problems and prospects of plant protection. *Acta Nature*. 2020;12,3(46):46-59. doi: 10.32607/actanature.11026.
3. Ivaniuk V.G., Sidunova E.V. Brown spot of carrot leaves and ways of lowering of its harm. *Vegetables crop production*. Annals of Byelorussian Research Institute of Vegetables crop production. Minsk. 1998;(10):85-93. (in Russian).
4. Gannibal F.B., Orina A.S., Levitin M.M. Alternarioses of agricultural crops at Russia. *Plant protection and quarantine*. 2010;(5):30–32. (in Russian).
5. Akhatov A.K., Gannibal F.B., Meshkov Ju.I., Dzhaliylov F.S., Chizhov V.N., Ignatov A.N., Polyschuk V.P., Shevchenko T.P., Borisov B.A., Stroikov Ju.M., Beloshapkina O.O. Diseases and pests of vegetable crops and potatoes. KMK, Moscow, 2013. 463 p. (in Russian).
6. Timina L.T., Engalicheva I.A. Complex of pathogens on vegetable crops in condition of Central region of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(3-4):123-129. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-123-129>. EDN UGKXKZ.

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-88-92>  
УДК 635.25:631.84

И.И. Иркoв\*, О.Н. Успенская, Н.И. Берназ

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» 140153, Россия, Московская обл., Раменский район, д. Верея, стр.500

\*Автор для переписки: irkov@yandex.ru

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

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

**Вклад авторов.** Все авторы равно участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

**Для цитирования:** Иркoв И.И., Успенская О.Н., Берназ Н.И. Эффективность распределённого внесения азота на луке репчатом (*Allium cepa* L.) в однолетней культуре. *Овощи России*. 2023;(3):88-92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-88-92>

**Поступила в редакцию:** 13.01.2023

**Принята к печати:** 09.02.2023

**Опубликована:** 09.06.2023

Ivan I. Irkov\*, Olga N. Uspenskaya,  
Nikolay I. Bernaz

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center Vereya, Ramenskoye district, Moscow region, Russia, 140153

\*Correspondence Author: irkov@yandex.ru

**Conflict of interest.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Authors contributions:** All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

**For citations:** Irkov I.I., Uspenskaya O.N., Bernaz N.I. Efficiency of distributed application of nitrogen on onion (*Allium cepa* L.) cultivated as an annual crop. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):88-92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-88-92>

**Received:** 13.01.2023

**Accepted for publication:** 09.02.2023

**Published:** 09.06.2023

# Эффективность распределённого внесения азота на луке репчатом (*Allium cepa* L.) в однолетней культуре



## Резюме

**Актуальность.** Репчатый лук в России в 2021 году: Площадь возделывания – 56,3 тыс. га; Урожайность – 28,6 т/га; Производство – 1608,6 тыс. тонн; Импорт от объёма потребления – 10,7%. Современные сорта и гибриды и средства защиты растений дают возможность получить высокие урожаи в условиях Нечернозёмной зоны. Целью исследований является оптимизации параметров и сроков технологических операций по возделыванию лука репчатого в однолетней культуре на аллювиальных луговых почвах Нечернозёмной зоны.

**Материалы и методы.** Была проведена отработка системы питания растений лука посредством распределённого внесения азота в период вегетации: Вариант 1 - ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{10} + K_{40}N_{20} + K_{40}N_{20}$ ) в процессе вегетации; Вариант 2 - ( $N_{110}P_{110}K_{110}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{40} + K_{40}N_{40}$ ) в процессе вегетации. Опыт по применению микробиологического препарата Бисолби-Плант (*Bacillus pumilis*) BIS88 совместно с гуминовым 1% препаратом «Росток» нормой один литр на гектар каждого для стимуляции активного роста.

**Результаты.** В конце вегетации во втором варианте опыта по азоту имело место продление срока вегетации на 7-10 дней. Превышение урожайности по второму варианту за 2021-22 годы исследований составило более 20,0 т/га и является существенным. Разница по вариантам внесения препарата Бисолби-Плант в 2,8 т/га при НСР<sub>05</sub> = 8,2 т/га не явилась достоверной. Преимущество варианта с биопрепаратом в более высокой на 71,0 тыс. шт/га густоте стояния растений и отсутствие признаков бактериоза. Таким образом, распределённое внесение азота ( $N_{110}P_{110}K_{110}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{40} + K_{40}N_{40}$ ) в процессе вегетации с поливной водой достоверно оказалось более эффективным, чем ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{20} + K_{40}N_{20}$ ) в процессе вегетации. Зафиксирована тенденция увеличения урожайности и качества продукции при двойном внесении препарата Бисолби-Плант (BIS88) нормой (1,0 + 1,0) л/га.

**Ключевые слова:** лук репчатый, однолетняя культура, Нечернозёмная зона, технология, внесение азота, ризосферные ассоциативные бактерии

## Efficiency of distributed application of nitrogen on onion (*Allium cepa* L.) cultivated as an annual crop

### Abstract

**Relevance.** Onions in Russia in 2021: Cultivation area – 56.3 thousand hectares; Productivity – 28.6 t/ha; Production – 1608.6 thousand tons; Import from the volume of consumption – 10.7%. Modern varieties and hybrids and plant protection products make it possible to obtain high yields in the conditions of the Non-chernozem zone. The aim of the research is to optimize the parameters and terms of technological operations for the cultivation of onion in an annual crop on alluvial meadow soils of the Non-Chernozem Zone.

**Materials and methods.** The nutrition system of onion plants was tested through distributed nitrogen application during the growing season: Option 1 – ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) presowing – ( $Ca_{40}N_{10} + K_{40}N_{20} + K_{40}N_{20}$ ) during the growing season; Option 2 – ( $N_{110}P_{110}K_{110}$ ) presowing + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{40} + K_{40}N_{40}$ ) during the growing season. Experience in the use of the microbiological preparation Bisolbi-Plant (*Bacillus pumilis*) BIS88 together with the 1% humic preparation "Rostok" at a rate of one liter per hectare each to stimulate active growth.

**Results.** At the end of the growing season in the second variant of the nitrogen experiment, the growing season was extended by 7-10 days. The excess yield under the second option for 2021-22 years of research amounted to more than 20.0 t/ha and is significant. The difference in the options for applying the Bisolbi-Plant preparation in 2.8 t/ha with НСР<sub>05</sub> = 8.2 t/ha was not significant. The advantage of the variant with the biological preparation is higher plant density by 71.0 thousand units/ha and the absence of signs of bacteriosis. Thus, the distributed application of nitrogen ( $N_{110}P_{110}K_{110}$ ) presowing + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{40} + K_{40}N_{40}$ ) during the growing season with irrigation water was significantly more effective than ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) presowing + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{20} + K_{40}N_{20}$ ) during the growing season. There was a tendency to increase the yield and quality of products with the double application of Bisolbi-Plant (BIS88) at a rate of (1.0 + 1.0) l/ha.

**Keywords:** onion, annual crop, non-chernozem zone, technology, nitrogen application, rhizospheric associative bacteria

**Введение**

**В** России на протяжении двух последних десятилетий имеет место стабильный рост производства овощей с 10,5 млн т – в 1996-2000 годах до 13,4 млн т – в 2021 году.

Важной особенностью является то, что прирост производства обеспечен за счёт повышения урожайности с 14,3 т/га (2000 год) до 24,2 т/га (2021 год). При этом произошло снижение посевных площадей с 744,3 тыс. га (2000 год) до 498,0 тыс. га (2021 год) [1].

Согласно данным ФАО [2] на 2019 год лук в мире занимал второе место в объёме производства овощей (9%) после томата (16%).

В России лук репчатый на 2021 год по размеру занимаемых площадей (56,3 тыс. га) находится на третьем месте после капусты и томатов. Общий валовый сбор в 2021 году составил 1608,6 тысяч тонн при урожайности 28,6 т/га. Последние десятилетия имеет место устойчивое снижение площадей под луком, которые в начале 2000 годов занимали около 90,0 тыс. гектаров. В то же время импорт лука-репки в общем объёме потребления в 2021 году составил 10,7% (209,2 тыс. т).

Следует отметить, что лук-репка является высокодоходной культурой. При себестоимости производства в большинстве хозяйств 7-10 руб./кг средняя оптовая цена производителей находится на уровне 15,0 руб./кг [3]. Снижение площадей под культурой можно объяснить лишь отсутствием сбытовых цепочек от производителя до покупателя, в результате чего производители не могут выгодно реализовать выращенный урожай.

Площади, занятые луком-репкой в Нечернозёмной зоне незначительны. Так, в Московской области в 2021 году они составили 1,1 тыс. га.

Производство лука-репки, особенно в Центральном, Северо-Западном, и других аналогичных по широте регионах с суммой активных (более 10°C) среднесуточных температур 2000-2200°C за вегетацию, имеет свою особенную специфику.

Обильные холодные ночные росы в конце июля – начале августа создают благоприятные условия для распространения грибных болезней, особенно пероноспороза [4].

В 20-м веке промышленное производство лука-репки в условиях Нечернозёмной зоны России относилось к рискованному земледелию вследствие отсутствия устойчивых к грибным болезням районированных сортов.

Появление в настоящее время новых сортов и гибридов, а также средств защиты растений сделало возможным получение гарантированных урожаев [4].

Срок вегетации однолетних интенсивных сортов и гибридов составляет 100–110 дней в условиях Нечернозёмной зоны.

Увеличение производства лука-репки в России возможно только за счёт дальнейшего повышения урожайности при снижении себестоимости его производства. В этой связи необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

Исследованиями предыдущих лет нами проведена оптимизация всех параметров и сроков технологических операций выращивания лука-репки в однолетней культуре в условиях Нечернозёмной зоны и

достигнута урожайность 70–80 т/га [5]. Для дальнейшего повышения урожайности до 80–90 т/га необходимо провести дальнейшую отработку элементов технологических операций

Лук является очень пластичной культурой. За предыдущие годы исследований [5], [6] установлены большие колебания по выносу питательных элементов. Так, в 2020 году с урожаем лука 70–80 т/га фактический вынос питательных элементов составил, кг/га: N – 110; P – 61; K – 135, а в условиях 2021 года, кг/га: N – 130; P – 63; K – 149. Такое положение связано, прежде всего, со сроком вегетации растений, который определяется сроком полегания пера, обусловленным, в свою очередь, азотным питанием.

Весеннее внесение удобрений N160P160K160 под фрезеровку почвы обеспечивает качественную их заделку и равномерное распределение в почве. Однако, уже через два месяца (в середине июня) на отдельных лентах гряд проявляется азотное голодание растений (бледный лист).

Согласно [7] в подпочвенный горизонт вымывается не более 10-11% внесённого азота. Часть азота используют растения. Остальная часть уходит в атмосферу. По интенсивности ухода в атмосферу азота удобрений отсутствуют серьёзные исследования. В этой связи существенный интерес представляет опыт по распределённому внесению азота в период вегетации.

В предыдущие годы нами проводились работы по применению микробиологических препаратов для более интенсивного роста и защиты растений лука от болезни. Было установлено [8], что микробиологические препараты благоприятно воздействуют на растения, способствует увеличению урожая до 20%. Однако нормы применения более 10,0 л/га угнетают растения лука и вызывают заболевание бактериозом. В этой связи целесообразным было применение в технологии микробиологического препарата Бисолби-Плант в нормах, не превышающих 10,0 л/га:

Бисолби-Плант (*Bacillus pumilis* BIS88) – микробиологическое удобрение для повышения продуктивности на малоплодородных почвах, почвах подверженных засолению. Не обладает защитным эффектом, но улучшает почвенное питание и урожайность, вырабатывает интересный спектр фитогормонов (индолил уксусную и абсцизовую кислоту, транс-зеатин) отличных от продукции штамма-продуцента БисолбиСан и Экстрасол. Продуцирует ферменты – протеазу, бета-глюконазу, целлюлазу и липазу. Способен к продукции летучих метаболитов, органических кислот, витаминов, совместимых осмолитов, экзополисахаридов, антиоксидантных ферментов и металлоредуктаз.

**Целью исследований** является оптимизации параметров и сроков технологических операций по возделыванию лука репчатого в однолетней культуре на аллювиальных луговых почвах Нечерноземной зоны

В связи с целью исследований была проведена отработка системы питания растений лука посредством распределённого внесения азота в период вегетации и внесении микробиологического удобрения Бисолби-Плант.

**Условия, материалы и методы исследований**

Полевые опыты были проведены на опытном поле ВНИИО согласно [9] на общей площади 2000 м<sup>2</sup> в 2021–2022 годах.

Почва участка аллювиальная луговая среднесуглинистая. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 3,0–3,2%. РН солевой вытяжки 5,3–6,0. Содержание суммы поглощённых оснований 45,0 мг-экв. на 100 граммов почвы в слое 0–20 см. Содержание P<sub>205</sub> в слое 0–20 см – 22,0 мг/100 г почвы (по Чирикову), калия – 15,2 мг/100 г (по Масловой), общего азота – 6,0 мг/100 г.

Семена перед посевом обрабатывали препаратом Бисолбифит согласно рекомендаций производителя из расчёта 7,0 г препарата на один килограмм семян.

Посев проводили в третьей декаде апреля сеялкой Gaspardo Olimpia по схеме 32+7+28+7+28+7+32. Норма высева семян – 852 тыс. шт./га. Расчётная густота стояния 650–700 тыс. растений/га. В опытах был использован сорт лука Форвард (ВНИИО, ООО Агрофирма «Поиск»). Лабораторная всхожесть семян – 94–95%.

Опыты были проведены в четырёхкратной повторности. Размер опытных делянок – 12 м<sup>2</sup>. Расположение делянок систематическое.

Под опыт весной была внесена азофоска N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>160</sub> и N<sub>110</sub>P<sub>110</sub>K<sub>110</sub> с последующей фрезеровкой вертикально фрезерным культиватором. Все подкормки в период вегетации проводили смесью растворимых удобрений Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> с использованием капельного полива по схеме:

- Вариант 1 – (N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>160</sub>) предпосевное + (Ca<sub>40</sub>N<sub>10</sub> + K<sub>40</sub>N<sub>20</sub> + K<sub>40</sub>N<sub>20</sub>) в процессе вегетации;
- Вариант 2 – (N<sub>110</sub>P<sub>110</sub>K<sub>110</sub>) предпосевное + (Ca<sub>40</sub>N<sub>20</sub> + K<sub>40</sub>N<sub>40</sub> + K<sub>40</sub>N<sub>40</sub>) в процессе вегетации.

Микробиологический препарат Бисолби-Плант (*Bacillus pumilis*) BIS88 вносили совместно с гуминовым 1% препаратом «Росток» 9 и 20 июня нормой один литр на гектар каждого с целью стимуляции активного роста.

В 2022 году посев был произведен 23–25 апреля и 11–15 мая получены хорошие дружные всходы.

Годы проведения опытов характеризовались холодной (+5 °С среднесуточная температура) дождливой погодой в конце апреля – начале мая, однако это не помешало появлению дружных своевременных всходов с расчётной густотой стояния.

Весь период вегетации характеризовался повышенными среднесуточными температурами. Превышение над среднегодовыми составило +3,3°С – в 2021 году и +4,5°С – в 2022 году.

В то же время в июле 2021 года выпало лишь 26,1% осадков от среднемноголетних, а в 2022 году наблюдался исключительно сухой август (19,4% осадков от среднемноголетних). В целом в процессе вегетации с применением капельного полива в оба года был получен достаточно высокий (75–80,0 т/га) урожай лука.

Общее количество действующего вещества в опыте по распределённому внесению азота составляло 210 кг/га в каждом варианте.

Подкормки минеральными удобрениями проводили с интервалом 20 дней, внесение фунгицидов – 10 дней.

**Результаты исследований**

По времени появления всходов и в начальной стадии вегетации существенного отличия вариантов зафиксировано не было.

В конце вегетации (конец июля – август) во втором варианте опыта по азоту имело место более поздняя (на 7–10 дней) остановка в росте и полегание пера. На рис. 1 и рис. 2 показан вид вариантов опыта 8 августа 2022 года в начале полегания пера в первом варианте.

Продление срока вегетации обеспечило увеличение урожайности, которая по вариантам составила, т/га:

2021 год: Вариант 1 – 49,8; Вариант 2 – 75,9. НСР<sub>05</sub> = 12,1 т/га. Разница – 26,1 т/га.

2022 год: Вариант 1 – 62,5; Вариант 2 – 80,5. НСР<sub>05</sub> = 10,6 т/га. Разница – 22,0 т/га.

Качественный состав урожая лука 2022 года и вынос основных питательных элементов по данным агрохимической лаборатории ВНИИО представлен в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1 увеличение срока вегетации кроме увеличения урожая привело к существенному изменению качественных показателей: сухого вещества увеличилось на 1,9%; сахаров – на 0,71%; возрос вынос всех основных питательных элементов из расчёта на десять тонн полученного урожая.

Таким образом, распределённое внесение азота с поливной водой в процессе вегетации оказалось эффективным. Сроки и нормы внесения питательных элементов необходимо обосновать в последующих исследованиях.

Гипотеза исследований по применению микробиологических препаратов состоит в том, что передаточным звеном питательных веществ между почвой и растением являются ризосферные бактерии, которые размножаются на корневых выделениях растений. Внесением микробиологических препаратов осуществляется стимулирование размножения микробиоты почвы, а через неё – и роста, и развития самих растений.

Показатели, полученные в результате опыта, приведены в табл. 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что разница по вариантам в 2,8 т/га при НСР<sub>05</sub> = 8,2 т/га не является достоверной. В то же время средняя густота стояния растений в опытном варианте выше на 71,0 тыс. шт./га. Это свидетельствует о более благоприятных почвенных условиях. С учётом многолетних опытов можно говорить о тенденции к повышению урожайности при применении микробиологического препарата Бисолби-Плант при норме обработки (1,0 + 1,0) л/га в процессе вегетации. Заболевания лука бактериозом зафиксировано не было.

Анализ качественного состава урожая по данным агрохимической лаборатории ВНИИО также не показал существенных отличий по вариантам.

Таким образом, с учётом многолетних опытов можно говорить о предпосылках создания более благоприятных условий для роста и развития растений и увеличения урожайности при внесении



**Рис. 1.** Вид участка по первому варианту опыта в начале полегания пера 8 августа 2022 года  
**Fig. 1.** View of the plot according to the first variant of the experiment at the beginning of the feather lodging on August 8, 2022

**Рис. 2.** Вид участка по второму варианту опыта 8 августа 2022 года  
**Fig. 2.** View of the plot according to the second version of the experiment on August 8, 2022

**Таблица 1.** Биохимический состав лука репчатого сорта Форвард по вариантам распределённого внесения азота (по данным агрохимической лаборатории ВНИИО) 2022 год  
**Table 1.** Biochemical composition of onions of the Forward variety according to the variants of distributed nitrogen application (according to the agrochemical laboratory of VNIIO) 2022

Наименование варианта	Сухое вещество, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг	Сахара, %			Потребление на 10 тонн, кг		
				моно-	ди-	сумма	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вариант 1 (N <sub>160</sub> +N <sub>10</sub> +N <sub>20</sub> +N <sub>20</sub> )	10,1	3,9	12,1	2,65	5,04	7,69	14,0	7,7	17,2
Вариант 2 (N <sub>110</sub> +N <sub>20</sub> +N <sub>40</sub> +N <sub>40</sub> )	12,0	2,8	17,3	3,07	5,34	8,41	16,2	7,9	18,6

**Таблица 2.** Показатели урожайности лука репчатого Форвард в 2022 году после внесения микробиологических препаратов  
**Table 2.** Forward onion yield indicators in 2022 after the introduction of microbiological preparations

Наименование показателя	Контроль	Вариант BIS88
Средняя урожайность, т/га	81,4	84,2
Среднеквадратическое отклонение, т/га	4,7	8,0
Коэффициент вариации среднего, %	5,8	9,5
Средняя густота стояния по вариантам, тыс. шт./га	590,0	661,0
Средний вес луковицы по вариантам, г	138,0	121,0
Обобщённая ошибка средних по опыту m0, т/га	2,77	
Обобщённая ошибка разности средних по опыту md, т/га	3,91	
Наименьшая существенная разность при 5% уровне значимости НСР <sub>05</sub> , т/га	8,2	

препарата Бисолби-Плант (BIS88) при норме (1,0 + 1,0) л/га без проявления признаков заболевания растений лука бактериозом.

По нашим данным в предыдущие годы исследований применение микробиологических препаратов на луке репчатом нормой более 10,0 л/га приводит к заболеванию бактериозом и увеличению потерь продукции при хранении. Так, в сезоне хранения 2021-2022 годов потери стандартных луковиц в среднем при хранении составили 12,3%. В сезоне 2022-2023 годов – 5,4% на контроле и 10,4% – с применением Бисолби Плант. Разница в 5,0% является достоверной. Вследствие этого очевидной является необходимость поиска оптимальных норм и сроков внесения биопрепаратов, а также подбор компонентов самих препаратов.

## Выводы

1. Распределённое внесение азота ( $N_{110}P_{110}K_{110}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{40} + K_{40}N_{40}$ ) в процессе вегетации с поливной водой достоверно оказалось более эффективным, чем ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) предпосевное + ( $Ca_{40}N_{20} + K_{40}N_{20} + K_{40}N_{20}$ ) в процессе вегетации. Сроки и нормы внесения питательных элементов необходимо обосновать в последующих исследованиях.

2. Зафиксирована тенденция к увеличению урожайности и качества продукции при внесении препарата Бисолби-Плант (BIS88) нормой (1,0 + 1,0) л/га.

### Об авторах:

**Иван Иванович Ирков** – кандидат техн. наук, ведущий н. с. отдела технологий и инноваций, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>, автор для переписки, [irkov@yandex.ru](mailto:irkov@yandex.ru)

**Ольга Николаевна Успенская** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, [usp-olga@yandex.ru](mailto:usp-olga@yandex.ru)

**Николай Иванович Берназ** – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник сектора земледелия и агрохимии, <https://orcid.org/0000-0002-0565-8560>, [Bernaz1@yandex.ru](mailto:Bernaz1@yandex.ru)

### About the Authors:

**Ivan I. Irkov** – Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>, Correspondence Author, [irkov@yandex.ru](mailto:irkov@yandex.ru)

**Olga N. Uspenskaya** – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, [usp-olga@yandex.ru](mailto:usp-olga@yandex.ru)

**Nikolay I. Bernaz** – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher w, agriculture and agrochemistry sectors, <https://orcid.org/0000-0002-0565-8560>, [Bernaz1@yandex.ru](mailto:Bernaz1@yandex.ru)

### • Литература

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства [Электронный ресурс]. - 2022. – URL: <http://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 21.10.2022).
2. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. FAO 2021. [Electronic resource] - URL: <http://doi.org/10.4060/cb4477en>.
3. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Пивоваров В.Ф., Шатилов М.В., Иванова М.И., Россинская О.В., Разин О.А. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России. *Овощи России*. 2019;(2):9-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
4. Ахатов А.К., Ганнибал Ф.В., Мешков Ю.И., Джалилов Ф.С. и др. Болезни и вредители овощных культур и картофеля. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2013. 463 с.
5. Ирков И.И., Берназ Н.И., Ибрагимбеков М.Г., Фефелова С.В., Успенская О.Н. Научный отчет. Провести исследования по совершенствованию технологии производства лука-репки в однолетней культуре, обеспечивающих урожайность 70–80 т/га на аллювиальных луговых почвах Нечернозёмной зоны (Заключительный) (FNRN-2019-0070) Рег.№ НИОКТР – АААА-А19-119112490011-2
6. Круг Г. Овощеводство. М.: «Колос». 2000. 573 с.
7. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М. ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 392 с.
8. Чеботарь В.К., Пеиринов В.Б., Антонов В.Б., Денисенко М.В. и др. Микробиологические препараты живых ризосферных бактерий комплексного действия группы Экстрасол (рекомендации). Санкт Петербург: Изд. ФГБНУ ВНИИСХМ. 2016. 35 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

### • References

1. Bulletins on the state of agriculture [Electronic resource]. - 2022. - URL: <http://rosstat.gov.ru> (date of access: 21.10.2022)
2. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. FAO 2021. [Electronic resource] - URL: <http://doi.org/10.4060/cb4477en>.
3. Soldatenko A.V., Razin A.F., Pivovarov V.F., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Rossinskaya O.V., Razin O.A. Vegetables in the system of ensuring food security of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):9-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
4. Akhatov A.K., Gannibal F.V., Meshkov Yu.I., Dzhailov F.S. and others. Diseases and pests of vegetable crops and potatoes. Moscow. Association of Scientific Publications KMK. 2013. 463 p. (in Russ.)
5. Irkov I.I., Bernaz N.I., Ibragimbekov M.G., Fefelova S.V., Uspenskaya O.N. Scientific report. Conduct research on improving the technology for the production of turnips in an annual crop, providing a yield of 70-80 t/ha on alluvial meadow soils of the Non-chernozem zone (Final) (FNRN-2019-0070) (in Russ.)
6. Kруг G. Vegetable growing. Transl. from German V.I. Leunov. Moscow. Kolos. 2000. 576 p. (in Russ.)
7. Borisov V.A. Vegetable crop fertilization system. Moscow. FGBNU Rosinformagrotech. 2016. 392 p. (in Russ.)
8. Chebotar V.K., Petrov V.B., Antonov V.B., Denisenko M.V. Microbiological preparations of live rhizospheric bacteria of the complex action of the Extrasol group (recommendations). St. Petersburg. Ed. FGBNU VNIISHM. 2016. 35 p. (in Russ.)
9. Dospikhov B.A. Methods of field experience. Moscow. Agropromizdat. 1985. 351 p. (in Russ.)

## Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-93-97>  
УДК 631.53.082:635.652.2

А.В. Нечаева, С.В. Жаркова\*

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет  
Барнаул, Россия

\*Автор для переписки:  
stalina\_zharkova@mail.ru

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

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

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90014\20.

**Для цитирования:** Нечаева А.В., Жаркова С.В. Влияние применения биологических препаратов на формирование качественных показателей зерна яровой пшеницы. *Овощи России*. 2023;(3):93-97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-93-97>

**Поступила в редакцию:** 27.04.2023  
**Принята к печати:** 05.06.2023  
**Опубликована:** 09.06.2023

Alyona V. Nechaeva, Stalina V. Zharkova\*

Altai State Agricultural University  
Barnaul, Russian Federation

\*Correspondence Author:  
stalina\_zharkova@mail.ru

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

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

**Funding.** This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of scientific project no. 20-316-90014\20.

**For citations:** Nechaeva A.V., Zharkova S.V. The influence of the use of biological preparations on the formation of quality indicators of spring wheat grain. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(3):93-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-93-97>

**Received:** 27.04.2023  
**Accepted for publication:** 05.06.2023  
**Published:** 09.06.2023

# Влияние применения биологических препаратов на формирование качественных показателей зерна яровой пшеницы



## Резюме

**Актуальность.** Для более полной реализации биологического потенциала, заложенного в культуре и непосредственно в каждом сорте, в используемой агротехнологии применяют отдельные элементы, способствующие более эффективному развитию растений. Сюда следует отнести использование биологических препаратов, которые не только способны стимулировать и регулировать рост и развитие растений, но и безопасны для окружающей среды. В связи с этим, представленные в данной работе результаты исследований актуальны и своевременны.

**Материалы и методы.** В своём исследовании мы изучали влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы и её (обработки) последствие на показатели качества зерна. В качестве объекта исследований взят раннеспелый сорт яровой мягкой пшеницы Ирень. Предмет исследования – биологические препараты, их действие и последствие при предпосевной обработке семян на формирование качества зерна.

**Результаты.** Исследования выявили различия в интенсивности влияния предпосевной обработки семян биологическими препаратами и последствие обработки на показатели качества зерна яровой пшеницы. Последствие препаратов усилило показатель содержания белка в зерне. Максимальное содержание белка в опыте получено в варианте 2 (препарат, получен методом ВАГ на основе хвои сосны (ХС 22)) – 17,0%.

Содержание клейковины в зерне в вариантах опытов сформировалось выше 32%, что соответствует 1 классу. Максимальное содержание клейковины в зерне получено в варианте 2 (ХС 22) – 41,8% в опыте 2 (последствие). Стекловидность зерна во всех вариантах опытов 1 и 2 выше 60%, что позволяет отнести зерно к 1 классу. Более высокий уровень натурности зерна получен в вариантах с последствием препаратов. Зерно, полученное в вариантах опыта 2: контроль, 3 (ЛП 4), 8 (Цитогумат), 9 (Лигногумат) с натурой зерна выше 750 г следует отнести к 1 классу. Анализ результатов исследования показал, что последствие предпосевной обработки семян биологическими препаратами оказывает более существенное положительное влияние на качество зерна яровой пшеницы.

**Ключевые слова:** пшеница яровая, биологические препараты, зерно, семена, качество, содержание, натура, клейковина, белок, стекловидность, влажность

## The influence of the use of biological preparations on the formation of quality indicators of spring wheat grain

### Abstract

**Relevance.** For a more complete realization of the biological potential inherent in the culture and directly in each variety, in the agrotechnology used, separate elements are used that contribute to more effective plant development. This should include the use of biological preparations that are not only able to stimulate and regulate the growth and development of plants, but are also safe for the environment. In this regard, the research results presented in this paper are relevant and timely.

**Materials and methods.** In our study, we studied the effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds and its (processing) aftereffect on grain quality indicators and seed sowing properties. The early-ripening variety of spring soft wheat Iren was taken as an object of research. The subject of the study is biological preparations, their effect and aftereffect during pre-sowing seed treatment on the formation of grain and the quality of the seed material of the crop.

**Results.** Studies have revealed differences in the intensity of the effect of pre-sowing seed treatment with biological preparations and the aftereffect of treatment on the quality indicators of spring wheat grain. The aftereffect of the drugs increased the protein content in the grain. The maximum protein content in the experiment was obtained in variant 2 (the preparation was obtained by the method of VAG based on pine needles (HS 22)) – 17.0%.

The gluten content in the grain in variants of experiments 2 and 3 was formed above 32%, which corresponds to the 1st class. The maximum gluten content in the grain was obtained in variant 2 (HS 22) – 41.8% in experiment 3 (aftereffect). The vitreous content of the grain in all variants of experiments 2 and 3 is higher than 60%, which makes it possible to classify the grain to the 1st class. A higher level of grain nature was obtained on variants with the aftereffect of drugs. Grain on the variants of experiment 3: control, 3 (LP 4), 8 (Cytohumate), 9 (Lignohumate) with grain in kind above 750 g should be attributed to the 1st class.

**Keywords:** spring wheat, biological preparations, grain, seeds, quality, content, nature, gluten, protein, vitreous, moisture

**Введение**

В Алтайском крае яровая пшеница занимает ведущее место по объёмам выращивания в группе зерновых культур. Площадь, задействованная под возделывание культуры ежегодно составляет 1700-2000 тыс. га. Это 6-я часть площади, занимаемой зерновыми культурами в Сибирском федеральном округе [1,2].

Почвенно-климатические условия края дают возможность сельхозпроизводителям выращивать многие культуры не только для производства продукции, но и для получения высококачественных семян [3,4,5].

Абиотические факторы окружающей среды по многим параметрам воздействуют на рост и развитие яровой пшеницы, урожайность и качественные показатели семенного материала. Производители в свою очередь мониторят негативные явления в период вегетационного периода культуры и применяют различные технологические приёмы, которые сглаживают или совсем убирают это воздействие.

Эффективность возделывания любой сельскохозяйственной культуры зависит от её биологического потенциала и возможности его реализации. Для создания благоприятных для культуры или сорта условий возделывания применяют новые или улучшенные агротехнологии или вводят усовершенствованные элементы в уже используемые агротехнологии. В настоящее время разработаны и активно используются в сельскохозяйственной практике биологические препараты. Такие препараты улучшают рост и развитие растений, не оказывая отрицательное воздействие на окружающую среду [6,7,8].

Сокращение используемых в современных производственных технологиях запасов ископаемого органического сырья требует его воспроизводства. Большой интерес в качестве сырья для производства биологических препаратов представляют отходы сельскохозяйственного производства, вернее их переработанная биомасса. Уникальность состава и строения биомассы отмечают многие учёные. Основные компоненты, входящие в состав растительной биомассы, это высокомолекулярные соединения – гемицеллюлоза, целлюлоза и лигнин. Для более эффективного использования биомассы такой состав необходимо делигнифицировать, провести гидролиз полисахаров, повысить реакционную способность [9,10,11,12].

**Цель работы** – изучить влияние предпосевной обработки семян и её последствие биологическими препаратами, в том числе полученными из переработанного растительного сырья и отходов деревообработки на показатели качества и посевные свойства зерна яровой пшеницы.

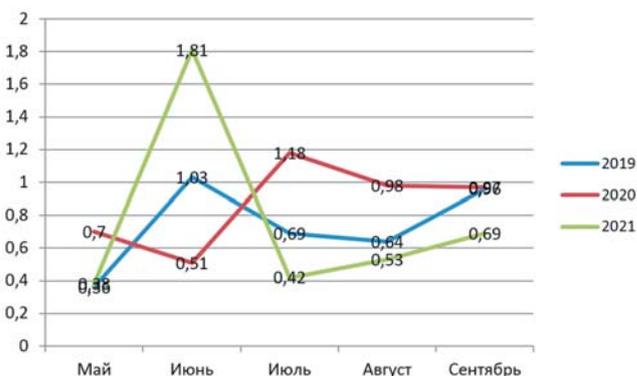
**Условия, материалы и методы исследования**

Работа по выполнению поставленной цели была проведена на базе ФГБНУ ВО Алтайский ГАУ в 2019-2021 гг. Лабораторные исследования провели в лаборатории по агрохимическому обслуживанию Филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» по Алтайскому краю и Республики Алтай. Опыты в полевых условиях закладывали на поле Барнаульского комплексного Государственного сортоучастка Филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» по Алтайскому краю и Республике Алтай, расположенный в Приобской лесостепи Алтайского края.

Территория опытного участка находится в подзоне обыкновенных черноземов умеренно засушливой и колочной степи, основными почвами которой являются черноземы обыкновенные и выщелоченные. Содержание общего гумуса 4,5-5,0%, валовых форм азота – 0,25-0,30%, фосфора – 0,20-0,22%. Сумма поглощенных оснований 23,0 мг/экв. на 100 г. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН 6,9). Исследования проводили в течение трёх лет, погодные условия которых были различны по показателям температуры в течение вегетационного периода и по количеству выпавших осадков.

В целом сложившиеся гидротермические условия (ГТК) в 2019 году можно охарактеризовать как недостаточно увлажнённые (1,03 ед.) в период выхода в трубку и 0,69-0,64 ед. – средняя засуха в июле-августе «колошение-цветение-созревание» (рис.1).

Условия 2020 года в мае-июне согласно ГТК, соответственно, 0,70 и 0,51 ед. были средне и сильно засушливые, что негативно отразилось на формировании продуктивных показателей. В июле в период «колошение-цветение» выпала норма



**Рис. 1. Гидротермический коэффициент в период вегетации яровой мягкой пшеницы, 2019-2021 годы**  
**Fig. 1. Hydrothermal coefficient during the growing season of spring soft wheat, 2019-2021**

месячных осадков 68 мм – ГТК = 1,18 ед., что в период цветения снижало уровень опыления. Условия августа с ГТК 0,98 ед. характеризуются как слабо засушливые.

Начало вегетационного периода 2021 года с ГТК 0,38 ед. характеризовался как сильно засушливым. Затем в июне выпала практически двойная норма осадков – 87 мм, что согласно ГТК составило 1,81 ед. и характеризует данный период «выход в трубку-начало колошения» как хорошо увлажнённый. В июле-августе показатель ГТК 0,42-0,53 ед. показывает условия сильной засухи.

Недостаточное количество осадков в период проведения исследований повлияло на развитие растений, урожайность и качество семян.

Объект исследования – раннеспелый сорт яровой мягкой пшеницы Ирень. Урожайность сорта в крае в среднем по зонам выращивания составляет 1,3-3,1 т/га. По данным оригинатора сорта в зависимости от условий выращивания сорт может формировать «ценное» и «сильное» зерно. Масса 1000 зерен 32-38 г, содержание белка 13-16%, клейковины 26-38%, объем хлеба 940-1200 мл, общая хлебопекарная оценка 4,5-4,9 балла.

Положительные качества сорта – устойчивость к полеганию, средняя устойчивость к заболеваниям зерновых культур в зоне исследований.

В качестве предметов исследования было взято 9 биопрепаратов. Из которых 4 - препарата, получены на основе продуктов переработки растительного сырья (лузга подсолнечника (ЛП 4), солома овса (ПО 3), хвоя сосны (ХС 22)) и верхового торфа (ВТ 12) методом взрывного автогидролиза (ВАГ). Контроль – вариант без обработки биопрепаратами.

Для получения зерна яровой пшеницы было заложено два полевых опыта.

Опыт 1. Определение действия предпосевной обработки семян биологическими препаратами на показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы, 2019-2020 гг.

**Варианты опытов**

Вариант	Концентрация, %	Норма расхода	
		препарата	воды
1. контроль	обработка дистиллированной водой		
2. ХС 22	0,5	0,05 кг/т	10л/т
3. ЛП 4	0,5	0,05 кг/т	10л/т
4. ПО 3	0,3	0,03 кг/т	10л/т
5. ВТ 12	0,3	0,03 кг/т	10л/т
6. Теллура Био	0,25	0,25л/т	10л/т
7. Гумат +7	0,5	0,5 л/т	10л/т
8. Цитогумат	0,4	4мл/л	10л/т
9. Лигногумат	0,1	0,4л/т	10л/т
10. Ризоплан	0,5	0,5 л/т	10л/т



Рис. 2. Опытный участок. Всходы. 2021 год  
Fig. 2. The experimental site. Shoots. 2021



Рис. 3. Опытный участок. Фаза колошение.  
Fig. 3. The experimental site. Earing phase

Опыт 2. Определение последствий предпосевной обработки семян биологическими препаратами в 2019 и 2020 году на показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы после посева полученных семян в соответственно 2020 и 2021 годах.

Поле для закладки опытных делянок было обработано с осени. Основная обработка почвы состояла из осенней вспашки на глубину 25-27 см. Весной провели боронование, культивацию. Непосредственно перед посевом – предпосевную культивацию. Посев ручной.

Норма высева семян – 5 млн всхожих семян на 1 га. Учётная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность четырёхкратная, размещение делянок систематическое. Препаратами обрабатывали семена непосредственно перед посевом (рис.2, рис.3). В опыте в период вегетации растений не применяли удобрения и средства защиты растений. По мере необходимости применяли ручные прополки.

Все испытания и наблюдения провели согласно методических рекомендаций для зерновых культур [13,14,15,16,17]. Качество зерна определяли по утверждённым ГОСТам: натура зерна по ГОСТ 10840-2017, стекловидность – ГОСТ 10987-76, содержание сырой клейковины оценивали на приборе «Глютоматик» (ГОСТ Р-51412-99 ИСО 5531-78), содержание белка – ГОСТ 10846-91 "Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка"

### Результаты и их обсуждение

Полноценность семян пшеницы, показатели их качества и силы во многом определяет их химический состав [18,19,20].

Химический состав зерна пшеницы неоднороден, в его составе присутствуют вода, органические и минеральные

вещества, ферменты и витамины. В количественном соотношении составляющих химический состав зерна непостоянен и меняется в зависимости от условий питания, погодных условий в период вегетации растений, сорта. Основную ценность в химическом составе зерна представляет белок. Белок – основной критерий оценки товарного зерна. Его содержание в зерне колеблется, по многочисленным исследованиям учёных, от 9,5 до 25,8%, иногда до 31,0% [18, 21].

Биохимический состав зерна, полученный в наших исследованиях в зависимости от действия и последствий предпосевной обработки семян, представлен в таблицах 1 и 2.

Результаты биохимических анализов зерна показали, что предпосевная обработка и последствие предпосевной обработки биологическими препаратами в разной степени оказывают влияние на биохимический состав зерна яровой мягкой пшеницы. Накопление белка в зерне различалось по вариантам опытов.

В зависимости от применяемых биологических препаратов содержание белка варьировало в опыте 1 с обработкой биопрепаратами от 14,5% (вариант 3 – препарат, получен методом ВАГ на основе лужки подсолнечника (ЛП 4)) до 16,6% (вариант 2 – препарат, получен методом ВАГ на основе хвои сосны (ХС 22)). Наибольшее содержание белка отмечено в вариантах: 2 (ХС 22) – 16,6%, 9 (Лигногумат) – 16,5% и 10 (Ризоплан) – 16,2%, превышение показателя контроля – 16,1% составило, соответственно, 0,5; 0,4 и 0,1%.

В опыте 2 – последствием препаратов содержание белка превысило данный показатель в вариантах опыта 1 с действием предпосевной обработки. Колебания отмечены от 15,1% (вариант 5 – препарат, получен методом ВАГ на основе верхового торфа (ВТ 12)) до 17,0% во втором варианте (ХС 22) – это максимальный показатель в опыте.

Таблица 1. Действие биологических препаратов на показатели качества зерна яровой пшеницы, 2019-2020 годы  
Table 1. The effect of biological preparations on the quality indicators of spring wheat grain, 2019-2020

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г	Влажность, %	Белок, %	Стекловидность, %	Клейковина сырая, %
1. Контроль	36,44	722	10,2	16,1	71	38,1
2. ХС 22	37,24	735	10,2	16,6	76	38,8
3. ЛП 4	35,84	716	10,3	14,5	68	37,7
4. ПО 3	36,89	714	10,1	15,2	77	38,3
5. ВТ 12	36,52	710	10,8	14,4	78	39,0
6. Теллура Био	32,83	708	10,7	15,8	66	36,8
7. Гумат+7	31,91	713	10,7	15,7	74	39,3
8. Цитогумат	33,74	717	10,9	15,5	77	40,6
9. Лигногумат	37,02	722	10,9	16,5	75	40,2
10. Ризоплан	31,70	718	10,6	16,2	77	40,7
Среднее	35,0	717,6	10,5	15,6	73,5	38,9
НСР <sub>05</sub>	0,17	3,2	0,3	0,3	2,7	0,33

Таблица 2. Последействие биологических препаратов на показатели качества зерна яровой пшеницы, 2020-2021 годы  
Table 2. Aftereffect of biological preparations on grain quality indicators of spring wheat, 2020-2021

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г	Влажность, %	Белок, %	Стекловидность, %	Клейковина сырая, %
1. Контроль	36,24	750	10,0	16,5	75	40,6
2. ХС 22	39,32	765	10,2	17,0	80	41,8
3. ЛП 4	38,67	752	10,1	16,0	69	40,0
4. ПО 3	38,07	749	10,0	15,5	77	39,8
5. ВТ 12	37,07	744	10,3	15,1	79	39,8
6.Теллура Био	37,45	742	10,6	16,2	66	38,4
7. Гумат+7	37,71	744	10,2	15,9	75	39,8
8. Цитогумат	37,79	750	10,5	16,3	79	40,4
9. Лигногумат	37,91	751	10,7	16,6	77	40,0
10. Ризоплан	38,10	749	10,4	16,1	78	40,8
Среднее	37,83	749,7	10,3	16,1	75,1	40,0
НСР <sub>05</sub>	0,48	3,0	0,36	0,31	2,6	0,36

В своей работе Келер В.В. и др. [21] отмечают, что в условиях Сибири взаимосвязь между урожайностью и качеством зерна не всегда положительная. Авторы данной работы выявили, что во влажные годы с малым количеством тепла получают высокие урожаи, но с низким качеством зерна, напротив, в засушливых условиях при низких урожаях получают зерно с высоким содержанием клейковины. Содержание клейковины является важным показателем, который определяет хлебопекарные свойства зерна.

Зерно, полученное во всех вариантах и в 1 и во 2 опыте, по уровню клейковины следует отнести к 1 классу (табл. 1,2). Из препаратов, полученных на основе взрывного автогидролиза из растительного сырья, наибольшее влияние на содержание сырой клейковины в зерне в опыте с обработкой биопрепаратами, оказал препарат на основе верхового торфа – 39,0% (вариант 5), превышение относительно контроля составило 0,9%. Наибольшее влияние на данный показатель оказало применение Цитогумата (вариант 8) – 40,6%, Лигногумата (вариант 9) и Ризоплана (вариант 10) – 40,2 и 40,7%.

Максимальный показатель клейковины в опыте с последствием биопрепаратов получили в варианте 2 с применением препарата, полученного методом ВАГ на основе хвои сосны (ХС 22), – 41,8%, контроль – 40,6%.

Полученное в нашем исследовании на опыте 1 с обработкой биопрепаратами зерно по всем вариантам опыта показало стекловидность на уровне 66-78%, что соответствует 1 классу. Максимальный результат – 78%, что на 7% превышает стекловидность в контроле – 71%, получен в варианте 5 (препарат из верхового торфа, ВТ 12). В опыте 2 с последствием в варианте 2 также получен максимальный показатель – 80%. В целом стекловидность зерна в вариантах во 2 опыте с последствием препаратов на 1-2% выше, чем у вариантов с обработкой биопрепаратами в опыте 1.

Натура зерна – важный показатель качества зерна, косвенно показывающий выход муки. Чем выше показатель натуры зерна, тем больше в нём мучнистого вещества. Согласно ГОСТ 9353-2016 зерно относительно величины натуры зерна подразделяется на классы.

В нашем исследовании более высокий уровень натуры зерна получен в вариантах опыта 2 – последствие (табл. 2). Зерно в вариантах: контроль, 3 (ЛП 4), 8 (Цитогумат), 9 (Лигногумат) с натурой зерна выше 750 г следует отнести к 1 классу.

Масса 1000 зёрен – один из важнейших показателей качества полученного зерна, который характеризует его крупность и плотность. Крупное и выполненное зерно имеет больший запас питательных веществ, что положительно влияет на посевные качества зерна и на его мукомольные свойства. В нашем исследовании в опыте 1 масса 1000 зёрен в среднем за два

года исследований варьировала от 31,70 до 37,24 г. И в целом средняя масса 1000 зёрен сформировалась ниже, чем в опыте 2 по последствию биопрепаратов на 2,83 %.

Масса 1000 зерен в каждом варианте опыта по последствию, за исключением контроля (на уровне показателя контроля действия препаратов), превысила показатели в вариантах опыта 2 – действие препаратов, на 0,55-4,62 г. Максимальная масса 1000 зёрен получена в варианте 2 – последствие препарата ХС 22 – 39,32 г. Величина массы 1000 семян в вариантах с использованием препаратов, полученных методом ВАГ на основе ХС22, ЛП4, ПО 3, была максимальной в целом по опыту.

### Заключение

Многие исследователи по результатам своих работ отмечают, что применение биологических препаратов при получении продукции сельскохозяйственных культур – это один из существенных факторов увеличения урожайности культуры и повышения качественных показателей зерна [8,22,23].

Для определения влияния биопрепаратов на формирование показателей качества нами было заложено два полевых опыта с применением 9 биологических препаратов, в том числе 4, полученных с использованием отходов растительного сырья и верхового торфа. Сорт Ирень в условиях Приобской зоны Алтайского края интенсивно использует агроклиматические условия и достаточно активно реализует свой биологический потенциал. Положительна реакция сорта на применение биологических препаратов при предпосевной обработке семян для более эффективного и качественного формирования их посевных качеств.

Полученные в нашем исследовании результаты по влиянию предпосевной обработки семян яровой мягкой пшеницы и последствием данной обработки выявили различия в реакции растений по вариантам. Последствие препаратов усилило показатель содержания белка в зерне. Максимальное содержание белка в опыте получено в варианте 2 (препарат, получен методом ВАГ на основе хвои сосны (ХС 22)) – 17,0%. Результаты по содержанию клейковины в зерне и по его стекловидности показали хорошие результаты, что позволило отнести полученное зерно к 1 классу. Максимальное содержание клейковины в зерне получено в варианте 2 (ХС 22) – 41,8% в опыте 3 (последствие). Стекловидность зерна во всех вариантах опытов 2 и 3 выше 60%. Высокий уровень натуры зерна получен в вариантах опыта 2 – последствие. Зерно в вариантах: контроль, 3 (ЛП 4), 8 (Цитогумат), 9 (Лигногумат) с натурой зерна выше 750 г следует отнести к 1 классу.

Таким образом, результаты исследований показали, что предпосевная обработка семян яровой мягкой пшеницы хорошо влияет на развитие культуры, её продуктивность и качество зерна.

**Об авторах:**

**Алёна Владимировна Нечаева** – аспирант,  
<https://orcid.org/0000-0002-6501-2139>, [a.nechaeva93@mail.ru](mailto:a.nechaeva93@mail.ru)  
**Сталина Владимировна Жаркова** – доктор с.-х. наук, доцент,  
<https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>,  
 автор для переписки, [stalina\\_zharkova@mail.ru](mailto:stalina_zharkova@mail.ru)

**About the Authors:**

**Alyona V. Nechaeva** – graduate student,  
<https://orcid.org/0000-0002-6501-2139>, [a.nechaeva93@mail.ru](mailto:a.nechaeva93@mail.ru)  
**Stalina V. Zharkova** – Doc. Sci. (Agriculture), Prof.,  
<https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>,  
 Correspondence Author, [stalina\\_zharkova@mail.ru](mailto:stalina_zharkova@mail.ru)

## • Литература

1. Ведров Н.Г. Особенности селекции и семеноводства яровой пшеницы в Восточной Сибири. Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе: материалы Международной школы. Новосибирск, 2005. С. 72-77.
2. Жаркова С.В., Дворникова Е.И., Нечаева А.В. Изменчивость признака «урожайность» яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Приобья Алтайского края. Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции: в 2 кн. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. Кн. 1. С. 181-183.
3. Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Морковкин Г.Г. Оценка измерения теплообеспеченности территории по агроклиматическим районам Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016;4(138):53-58. EDN VURECZ.
4. Шмидт Г., Бондарович А.А., Щербинин В.В. [и др.] Результаты функционирования международной агрометеорологической и почвенно-гидрологической мониторинговой сети в пределах Кулундинской равнины на юге Западной Сибири за 2013-2015 гг. *Acta Biologica Sibirica*. 2016;2(2):89-102. EDN XSLDDV.
5. Ротанова И.Н., Харламова Н.Ф., Барышников С.Г. Карты гидрологического риска в Атласе опасных природных явлений Алтайского края. Ротанова. Третьи Виноградские Чтения. Грани гидрологии» памяти выдающегося русского ученого Ю. Б. Виноградова: Международная научно-практическая конференция (28-31 марта 2018 г., Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия) сборник докладов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПб ун-та, 2018. С. 932-936.
6. Шаманин В.П., Флис П., Савин Т.В. [и др.] Генотипическая и экологическая изменчивость содержания цинка в зерне сортов яровой мягкой пшеницы международного питомника КАСИБ. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(5):543-551. DOI 10.18699/VJ21.061. EDN QKYLID.
7. Попов А.С., Герасименко Г.П., Марченко Д.М. Урожайность и качество сортов мягкой озимой пшеницы в восточной зоне Ростовской области. *Попов. Зерновое хозяйство России*. 2016;2(44):27-30. EDN WAOXJL.
8. Визирская М.М., Шерстобитов С.В. Влияние листовых подкормок на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья. *Плдородие*. 2021;6(123):46-50. DOI 10.25680/S19948603.2021.123.12. EDN UWTZWI.
9. Гравитис Я.А. Теоретические и прикладные аспекты метода взрывного автогидролиза растительной биомассы (обзор). *Химия древесины*. 1987;(5):3-21.
10. Singh S.N. Nutrition in emergencies: Issues involved in ensuring proper nutrition in post-chemical, biological, radiological, and nuclear disaster. *Journal of Pharmacy and Biomedical Sciences*. 2010;2(3):248-252.
11. Shepelev S.S., Shamanin V.P., Pototskaya I.V., Chursin A.S., Kuzmin O.G., Morgunov A.I. Search of genome-wide associations for breeding of spring wheat varieties with high zinc content. *Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology: The 6th International Scientific Conference*. 2021. P.202. DOI: 10.18699/PlantGen2021-186.
12. Просвириков Д.Б. Переработка лигноцеллюлозной биомассы, активированной методом паровзрывной обработки: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.21.03. Казань, 2019. 38 с.
13. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 2019. Вып. 2. 329 с.
14. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Ленинград, 1973. 33 с.
15. ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице = Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 14 марта 1968 г.: дата введения 1968-06-01. Москва: Стандартинформ, 2009
16. ГОСТ 10840-2017. Зерно. Метод определения природы. межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 7 июня 2017 г. Москва: Стандартинформ, 2009.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
18. Релина Л.И., Вечерская Л.А., Голик О.В. Содержание белка и минералов в зерне некоторых видов тетраплоидных пшениц. *Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки*. 2019;(7):130-138. EDN OLACZZ.
19. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Пыльнев В.В. [и др.] Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum L.*). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021;(5):89-108. DOI 10.26897/0021-342X-2021-5-89-108. EDN GCEHNJ.
20. Тычинская И.Л., Зеленов А.А., Мерцалов Е.Н., Михалева Е.С. Влияние препаратов «Биоклад» и «Вермикс» на элементы продуктивности, урожайность и качественные показатели ярового ячменя. *Земледелие*. 2021;(4):7-10. DOI 10.24411/0044-3913-2021-10402. EDN ONMFYF.
21. Келер В.В., Овчинникова Т.Г. Роль экологических условий в формировании клейковины у яровой пшеницы. *Известия ТСХА*. 2021;(5):19-27. DOI 10.26897/0021-342X-2021-5-19-27. EDN IOUUKP.
22. Лазарев Н.Н., Стародубцева А.М. Влияние инокуляции на продуктивность различных сортов люцерны изменчивой и клевера лугового. *Кормопроизводство*. 2018;(1):25-28. EDN YMPAKS.
23. Аленин П.Г., Кшникаткин С.А. Продуктивность голозерного ячменя при некорневой подкормке микроэлементами удобрениями в лесостепи Среднего Поволжья. *Кормопроизводство*. 2018;(1):17-20. EDN YMPAKA.

## • References

1. Vedrov N.G. Peculiarities of selection and seed production of spring wheat in Eastern Siberia. Actual tasks of selection and seed production of agricultural plants at the present stage: materials of the International School. Novosibirsk, 2005, pp. 72-77. (In Russ.)
2. Zharkova S.V., Dvornikova E.I., Nechaeva A.V. Variability of the trait "yield" of spring soft wheat in the conditions of the forest-steppe of the Ob region of the Altai Territory. Agrarian science - agriculture: collection of articles of the XIV International Scientific and Practical Conference: in 2 books. Barnaul: RIO Altai State Agrarian University, 2019. Book. 1. P. 181-183. (In Russ.)
3. Maksimova N.B., Arnaut D.V., Morokvin G.G. The evaluation of heat supply change in the agro-climatic areas of the Altai Region. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2016;4(138):53-58. (In Russ.) EDN VURECZ.
4. Schmidt G., Bondarovich A.A., Scherbinin V.V., Ponkina E.V., Harlamova N.F., Matsyura A.V., Stephan E., Illiger P., Rudev N.V., Kozhanov N.A. Results of operation of the international agricultural-meteorological and soil-hydrological monitoring network in kulunda plain (South of Western Siberia, 2013-2015). *Acta Biologica Sibirica*. 2016;2(2):89-102. (In Russ.) EDN XSLDDV.
5. Rotanova I.N., Kharlamova N.F., Baryshnikov S.G. Maps of hydrological risk in the Atlas of natural hazards of the Altai Territory. Rotanova. Third Vinogradov Readings. Facets of Hydrology" in memory of the outstanding Russian scientist Yu.B. Vinogradov: International Scientific and Practical Conference (March 28-31, 2018, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia) collection of reports. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University, 2018. P. 932-936. (In Russ.)
6. Shamanin V.P., Flis P., Savin T.V., Shepelev S.S., Kuzmin O.G., Chursin A.S., Pototskaya I.V., Likhnenko I.E., Kushnirenko I.Yu., Kazak A.A., Chudinov V.A., Shelaeva T.V., Morgounov A.I. Genotypic and ecological variability of zinc content in the grain of spring bread wheat varieties in the international nursery Kasib. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021;25(5):543-551. (In Russ.) DOI 10.18699/VJ21.061. EDN QKYLID.
7. Popov A.S., Gerasimenko G.P., Marchenko D.M., Gerasimenko T.V., Yatsenko V.A., Ignatieva N.G. Productivity and quality of soft winter wheat varieties in the eastern part of the Rostov Region. *Grain economy of Russia*. 2016;2(44):27-30. (In Russ.) EDN WAOXJL.
8. Vizirskaya M.M., Sherstobitov S.V. The effectiveness of foliar fertilization on the yield and quality of spring wheat in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Plodorodie*. 2021;6(123):46-50. (In Russ.) DOI 10.25680/S19948603.2021.123.12. EDN UWTZWI.
9. Gravitis Ya.A. Theoretical and applied aspects of the method of explosive autohydrolysis of plant biomass (review). *Chemistry of wood*. 1987;(5):3-21. (In Russ.)
10. Singh S.N. Nutrition in emergencies: Issues involved in ensuring proper nutrition in post-chemical, biological, radiological, and nuclear disaster. *Journal of Pharmacy and Biomedical Sciences*. 2010;2(3):248-252.
11. Shepelev S.S., Shamanin V.P., Pototskaya I.V., Chursin A.S., Kuzmin O.G., Morgunov A.I. Search of genome-wide associations for breeding of spring wheat varieties with high zinc content. *Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology: The 6th International Scientific Conference*. 2021. P.202. DOI: 10.18699/PlantGen2021-186.
12. Prosvirnikov D.B. Processing of lignocellulosic biomass activated by the method of steam-explosion treatment. Kazan, 2019. 38 p. (In Russ.)
13. Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Moscow, 2019. Issue. 2. 329 p. (In Russ.)
14. Guidelines for the study of the world collection of wheat. Leningrad, 1973. 33 p. (In Russ.)
15. ГОСТ 13586.1-68. Corn. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat = Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat: interstate standard: official edition: approved and put into effect by the Committee of Standards, Measures and Measuring Instruments under the Council of Ministers of the USSR on March 14, 1968: introduction date 1968-06-01. Moscow: Standartinform, 2009.
16. ГОСТ 10840-2017. Corn. Method for determining nature. interstate standard: official edition: approved and put into effect by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification of June 7, 2017. Moscow: Standartinform, 2009.
17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
18. Relina L.I., Vechevskaya L.A., Golik O.V. Protein and mineral contents in the grain of some underutilized tetraploid wheats. *BARSU Herald. Series: Biological Sciences. Agricultural Sciences*. 2019;(7):130-138. (In Russ.) EDN OLACZZ.
19. Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Pylnev V.V., Voronchikhin V.V., Marenkova A.G. Effect of weather conditions on the quality of spring wheat grain (*Triticum L.*). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;(5):89-108. (In Russ.) DOI 10.26897/0021-342X-2021-5-89-108. EDN GCEHNJ.
20. Tychinskaya I.L., Zelenov A.A., Mertsalov E.N., Mikhaleva E.S. Influence of bio-clad and vermix preparations on the elements of productivity, productivity and quality indicators of spring barley. *Zemledelie*. 2021;(4):7-10. (In Russ.) DOI 10.24411/0044-3913-2021-10402. EDN ONMFYF.
21. Keler V.V., Ovchinnikova T.G. The role of ecological conditions in the formation of gluten in spring wheat. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;(5):19-27. (In Russ.) DOI 10.26897/0021-342X-2021-5-19-27. EDN IOUUKP.
22. Lazarev N.N., Starodubtseva A.M. Inoculation effect on alfalfa and red clover productivity. *Kormoproizvodstvo*. 2018;(1):25-28. (In Russ.) EDN YMPAKS.
23. Alenin P.G., Kshnikatkin S.A. Hulless barley productivity under foliar application of micronutrients in the forest-steppe of Middle Volga Region. *Kormoproizvodstvo*. 2018;(1):17-20. (In Russ.) EDN YMPAKA.



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)