

ОВОЩИ РОССИИ

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

ISSN 2072-9146 (Print)

ISSN 2618-7132 (Online)

2 2023

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal

С Днём космонавтики!



Tarafa



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



ФГБНУ ФНЦО

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



Уважаемые коллеги!

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

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

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

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

Рабочие языки конференции: русский и английский.

Контакты:

Главный редактор: Тареева Марина Михайловна, тел. 8 916 751 80 66,
e-mail: vegetables.of.russia@yandex.ru, электронная редакция vegetables.su (пометка «конференция»),

Координаторы конференции:

Пинчук Елена Владимировна, тел.: 8 916 806 00 12,
Романов Валерий Станиславович, тел.: 8 926 375 52 47,

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

Дополнительная информация будет представлена
во втором информационном письме,
а также размещена на сайте ФГБНУ ФНЦО:
<http://www.vniissok.ru>



Главный редактор

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

Радхи Шьям Сингх – доцент, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan 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: **Разорнова А.Г.**, ФГБНУ ФНЦО. **Дизайн и верстка:** **Янситов К.В.**, ФГБНУ ФНЦО. **Фото:** **Лебедев А.П.**, ФГБНУ ФНЦО. **Фото на обложке:** Фотогалерея Госкорпорации «Роскосмос», <https://www.roscosmos.ru/309/>

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

Адрес учредителя и редакции: 143080, Россия, Московская область, Одинцовский район,

п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

E-mail: vegetables.of.russia@yandex.ru

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

Тираж 100 экземпляров.

Дата выхода в свет: 03.04.2023

Отпечатано в типографии:

Акционерное общество

«Соломбальская типография».

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

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

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

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



Editor in chief

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

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

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

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

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

Circulation is 100 copies. Published: 03.04.2023

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**Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Тарева М.М.**

Оранжереи в космосе: от замысла до воплощения.5

Бухаров А.Ф.Зародыш и морфометрические параметры семян овощных растений
семейства Зонтичные как предмет селекции.11**Курепин А.В., Першин А.Ф., Муляр В.Н., Белова М.К.**

Прижизненное неразрушающее определение площади листьев растений огурца для массового анализа.17

Степанов В.А.Новый сорт редьки китайской (лоба) Сердце Подмосковья
для Центрального региона.29**Якубенко О.Е., Паркина О.В., Ван Ч., Нгуен Н.Т.**Оценка сортов фасоли овощной на адаптивность и
клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья.35**САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ****Маланкина Е.Л., Романова Н.Г.**

Перспективы использования рассадной технологии в лекарственном растениеводстве.41

Рябчикова Н.Б., Корнилова М.С., Надежкин С.М.Экономическая оценка применения регуляторов роста и
водорастворимых удобрений в Волгоградском Заволжье.47**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ****Соколова Д.В., Шеленга Т.В., Соловьева А.Е.**Взаимосвязь первичных метаболитов и бетанина в корнеплодах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.).54**Лазько В.Э., Благородова Е.Н., Якимова О.В., Ковалева Е.В.**Опыт применения биоинсектоакарицида МатринБио, ВР
в пленочной теплице на бахчевых культурах.65**Рудаков В.О., Баранов В.Л., Ткачев А.А.**Оценка эффективности обеззараживания ультрафиолетом (254 нм)
водных растворов от фитопатогенных микроорганизмов.70**Теплякова Д.Д.**Эффективность использования генетического маркера *F295*
для оценки устойчивости образцов огурца к вирусу зеленой крапчатой мозаики (*ВЗКМО*).75**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО****Жаркова С.В., Филиппова А.С.**Влияние предпосевной обработки биологическими препаратами
семян фасоли обыкновенной на их посевные качества.82**МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА****Абдулмажидов Х.А.**Очистка каналов мелиоративных систем с помощью машин
с различными видами сменного рабочего оборудования.91

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Tareeva M.M.**

Greenhouses in space: from intention to implementation.5

Bukharov A.F.Germ and seed morphometric parameters of seeds of vegetable plants
of the *Umbelliferae* family as a breeding subject.11**Kurepin A.V., Pershin A.F., Mulyar V.N., Belova M.K.**

Measuring the area of cucumber leaves without separation from the plant for mass analysis.17

Stepanov V.A.A new variety of Chinese radish (loba) Serdtse Podmoskovya
for the Central region of Russia.29**Yakubenko O.E., Parkina O.V., Wang Zh., Nguyen N.T.**Evaluation of green beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties
for adaptability and noble-forming ability in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia.35**HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS****Malankina E.L., Romanova N.G.**

Prospects for the use of seedling technologies in medicinal plant production.41

Ryabchikova N.B., Kornilova M.S., Nadezhkin S.M.Economic assessment of the use of growth regulators
and water-soluble fertilizers in the Volgograd Volga region.47**AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE****Sokolova D.V., Solovieva A.E., Shelenga T.V.**Primary metabolites and betanin: their interplay in the roots of Table Beet (*Beta vulgaris* L.).54**Lazko V.E., Blagorodova E.N., Yakimova O.V., Kovaleva E.V.**Experience of application of bioinsectoacaricide MatrinoBio
in film greenhouse on gourds.65**Rudakov V.O., Baranov V.L., Tkachev A.A.**Evaluation of the effectiveness of ultraviolet disinfection (254 nm)
of aqueous solutions from phytopathogenic microorganisms.70**Teplyakova D.D.**The effectiveness of the use of the genetic marker *F295* to assess the resistance
of cucumber samples to the green mottled mosaic virus (*CGMMV*).75**AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION****Zharkova S.V., Filippova A.S.**The effect of pre-sowing treatment biological preparations
of common bean seeds for their sowing qualities.82**IRRIGATION ENGINEERING, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS****Abdulmazhidov Kh.A.**Cleaning the canals of reclaim systems with the help machines with various types
of interchangeable working equipment.91

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>
УДК УДК 631.526.32-048.24: 631.234

А.В. Солдатенко*, В.Ф. Пивоваров,
О.Н. Пышная, Л.К. Гуркина, М.М. Тареева

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: alex-soldat@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: Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Тареева М.М. Оранжереи в космосе: от замысла до воплощения. *Овощи России*. 2023;(2):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>

Поступила в редакцию: 21.03.2023

Принята к печати: 27.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Alexey V. Soldatenko*, Victor F. Pivovarov,
Olga N. Pyshnaya, Lyubov K. Gurkina,
Marina M. Tareeva

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

*Corresponding author: alex-soldat@mail.ru

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

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: Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Tareeva M.M. Greenhouses in space: from intention to implementation. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-5-10>

Received: 21.03.2023

Accepted for publication: 27.03.2023

Published: 03.04.2023

Оранжереи в космосе: от замысла до воплощения



Резюме

12 апреля отмечается День космонавтики, Международный день полёта человека в космос. Это памятная дата, посвященная полету первого космонавта планеты Юрия Алексеевича Гагарина, ставшего символом осуществленной мечты землян. ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (ныне ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»), как и ряд других академических институтов, с начала освоения космоса включились в работу по решению проблемы разработки питания для космонавтов и продолжают исследования по сей день. В воплощении идей К.Э. Циолковского и С.П. Королева по созданию космических оранжерей получен ряд значимых достижений в Федеральном научном центре овощеводства, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Институте биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, ГНЦ РФ ИМБП РАН и других. Созданы, испытаны и рекомендованы для условий невесомости сорта овощных культур: редиса, капусты китайской, укропа, салата и других быстросозревающих растений. Сорт капусты китайской Веснянка успешно прошел биотехнические испытания на наземном макете космической конвейерной оранжереи «Фитоцикл-СД», в ходе которых были получены хорошие продукционные и биохимические показатели. Российские ученые проводят исследования по разработке технологии культивирования различных овощных растений в условиях космического полета – в закрытых экосистемах (синерготронах), которые могут служить основой систем жизнеобеспечения во время космических полетов, на космических станциях или в космических местах обитания, где тестируются некоторые условия, характерные для МКС. Были проведены исследования по изучению растений томата, выращенных из семян, длительное время находившихся в условиях космического полета. В результате изучения обнаружено статистически значимое увеличение уровней аскорбиновой кислоты, полифенолов и каротиноидов, общей антиоксидантной активности плодов томата по сравнению с растениями, выращенными из контрольных семян (наземный контроль).

Ключевые слова: овощные культуры, сорта, космические технологии, синерготрон, селекция.

Greenhouses in space: from intention to implementation

Abstract

April 12 is Cosmonautics Day, International Day of Human Space Flight. This is a memorable date dedicated to the flight of the first cosmonaut of the planet, Yuri Alekseevich Gagarin, who became a symbol of the earthlings' dream come true. The All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)), like a number of other academic institutions, from the beginning of space exploration, got involved in the work to solve the problem of developing food for astronauts and continues research to this day. In the embodiment of the ideas of K.E. Tsiolkovsky and S.P. Korolev on the creation of space greenhouses received a number of significant achievements in the Federal Scientific Vegetable Center, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Institute of Biochemical Physics N.M. Emanuel, SSC RF IBMP RAS and others. Varieties of vegetable crops have been created, tested and recommended for weightlessness conditions: radish, Chinese cabbage, dill, lettuce and other rapidly maturing plants. The variety of Chinese Vesnyanka cabbage has successfully passed biotechnical tests on the ground model of the Phytocycle-SD space conveyor greenhouse, during which good production and biochemical parameters were obtained. Russian scientists are conducting research on developing a technology for cultivating various vegetable plants under space flight conditions – in closed ecosystems (synergotrons), which can serve as the basis of life support systems during space flights, at space stations or in space habitats, where some conditions specific for ISS. Studies have been carried out to study tomato plants grown from seeds that have been under space flight conditions for a long time. As a result of the study, a statistically significant increase in the levels of ascorbic acid, polyphenols and carotenoids, the total antioxidant activity of tomato fruits compared to plants grown from control seeds (ground control) was found.

Keywords: vegetable crops, varieties, space technology, synergotron, selection.

12 апреля отмечается День космонавтики, Международный день полёта человека в космос. Это памятная дата, посвященная полету первого космонавта планеты Юрия Алексеевича Гагарина, ставшего символом осуществленной мечты землян.

Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур (ныне ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»), как и ряд других академических институтов, с начала освоения космоса включились в работу по решению проблемы разработки питания для космонавтов и продолжают исследования по сей день.



Работники Грибовской станции радуются успехам страны в освоении космоса, 1961 год

С самого начала эры освоения космоса ученые задумывались над вопросами: как создать условия для выращивания растений на космическом корабле, как микрогравитация влияет на семена, какие овощные культуры были бы безвредными, если их выращивать на загрязненном тяжелыми металлами грунте на Марсе. Так, уже в конце XIX века К.Э. Циолковский предполагал выращивание растений в длительных космических полетах [1]. «Космические огороды» полезны не только с точки зрения питания, но и благотворны для морально-психологического состояния космонавтов. Известно, что садоводство помогает снизить проявления депрессии и уровень тревожности, а также улучшает субъективное ощущение благополучия. В 1962 году главный конструктор ОКБ-1 Сергей Королёв поставил задачу: «Надо бы начать разработку «Оранжереи (ОР) по Циолковскому», с наращиваемыми постепенно звеньями или блоками, и надо начинать работать над «космическими урожаями» [2].

Первая программа в этом аспекте была направлена на разработку продуктов питания для космонавтов, которую возглавил Институт медико-биологических проблем РАН (ГНЦ ИМБП РАН) в 1963 году. Для решения этой задачи была создана достаточно большая кооперация, включающая более 20 научных и производственных организаций. В основе требований к продуктам питания лежали следующие принципы: рационы питания должны быть адекватны энерготратам космонавтов и полноценны по составу пищевых веществ, необходимых для обеспечения обменных процес-

сов в организме на оптимальном уровне; неусвояемые вещества должны содержаться в продуктах в незначительных количествах; пища должна оставаться доброкачественной на протяжении всего полета и др. Качество пищи должно быть безупречным и с точки зрения токсикологической и микробиологической безопасности. При этом одно из важных мест в пирамиде полноценного питания должны занимать свежие овощи и фрукты.

Расцвет индустрии орбитального питания пришёлся на начало 80-х годов XX века, космический ассортимент в тот период включал более 200 наименований. В ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК) ученые работали над созданием скороспелых сортов быстрорастущих овощных культур, у которых были бы пригодны «и верхки, и корешки». В результате этой работы был создан уникальный сорт редиса Моховский со съедобными салатными листьями [3].



Редис Моховский

Редис Моховский образует белые, округлые, плотные, отличного вкуса корнеплоды, массой до 70 г, без привкуса горечи, которые хранятся при $t +2...-5^{\circ}\text{C}$ в течение двух месяцев, не снижая своих вкусовых качеств; содержат 4,5-6,0% сухого вещества, 22-45 мг% аскорбиновой кислоты, 2,5-3,9% сахаров; слабо чувствительны к накоплению нитратов (270-500 мг/кг). Листья гладкие, глянцевые, без опушения, содержат более 100 мг% аскорбиновой кислоты при низком содержании нитратов (319-530 мг/кг). Сорт был создан индивидуально-семейственным отбором из гибридной комбинации Бисер x Перл. Этот сорт районирован в РФ и пользуется большим спросом у потребителей разных категорий.

Второе направление сотрудничества касалось разработки технологий возделывания овощных культур в условиях невесомости. Для этих целей растения укропа, салата, шпината, гороха овощного выращивали в моделируемых условиях вегетационных камер. В результате исследований было показано, что укроп, выращиваемый по разработанной технологии, в течение длительного времени (до полугода) находился в фазе хозяйственной годности, не теряя своих биохимических и вкусовых достоинств.



Дважды герой Советского Союза космонавт Елисеев Алексей Станиславович в составе делегации Центра подготовки космонавтов во ВНИИССОК, 1981 год

Космонавты, руководители Центра Подготовки Космонавтов имени Ю.А. Гагарина из Звездного городка бывали частыми гостями института. Сотрудники института также посещали Звездный городок и присутствовали на сеансах связи с орбитальной станцией.

Сегодня Госкорпорация «Роскосмос» продолжает работу над научно-технической программой по созданию космического продовольствия нового поколения. Сейчас на МКС космонавты питаются, в основном, консервированными продуктами. Свежие овощи и фрукты в рацион включаются редко, тогда как необходимость в них очень большая. В условиях длительных космических полетов возникнет необходимость выращивания овощей, для пополнения ассортимента рациона, на борту космического корабля, это позволит сократить запас пищи, который необходимо брать в космос, об этом упоминал ещё в своих трудах К.Э. Циолковский.

Выращиванием различных растений российские космонавты занимались ещё на станции «Мир», затем и на борту МКС в орбитальной лаборатории в миниатюрном сельхоз-модуле. Кроме того, проведена большая совместная работа ФГБНУ ФНЦО и ИМБП РАН по раз-

работке технологии культивирования различных овощных растений, в том числе капусты китайской сорта Веснянка (*Brassica chinensis* L.) в условиях космического полета.

Сорт Веснянка создан в лаборатории селекции капустных культур ВНИИССОК, относится к сорто типу Пе-тсай и рекомендован для обогащения рациона космонавтов, поскольку он обладает хорошими вкусовыми качествами и высоким содержанием аскорбиновой кислоты (до 110 мг%) при благоприятных условиях выращивания и, кроме того, является ультраскороспелым, первый сбор зелени можно проводить через 20-25 суток после всходов. Масса растения достигает 250 г, урожайность – 2,7 кг/м². Растение листовой формы, образует густооблиственную полуприподнятую розетку высотой до 35 см и диаметром до 45 см. Листья цельные, сидячие, широкообратнояцевидные, гладкие со слабоволнистыми краями, без опушения, зелёные. Центральная жилка широкая и сочная. Сорт устойчив к преждевременному стеблеванию, относительно устойчив к слизистому и сосудистому бактериозам и киле [4].



Делегация Центра подготовки космонавтов во ВНИИССОК, 1981 год



Капуста китайская Веснянка

Сорт успешно прошел биотехнические испытания на наземном макете космической конвейерной оранжереи «Фитоцикл-СД», в ходе которых были получены хорошие производственные и биохимические показатели. Установлено, что повышенный радиационный фон не оказал негативного влияния на продуктивность и содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений капусты китайской сорта Веснянка. Как на естественном, так и на повышенном радиационном фоне, содержание нитратов в листьях не превышало уровень ПДК, если для увлажнения корнеобитаемой зоны использовали дистиллированную воду, содержание дейтерия в которой незначительно отличается от стандарта. Результаты экспериментов продемонстрировали возможность значительного, более чем в 2 раза, увеличения продуктивности данной культуры при увлажнении корнеобитаемой зоны водой с содержанием дейтерия и тяжелого изотопа кислорода, уменьшенными в 7 и 10 раз, соответственно, по сравнению со стандартом. Однако уменьшение концентрации тяжелых изотопов в поливной воде привело к значительному увеличению содержания нитратов в растениях, что свидетельствует о нарушении баланса между процессами поглощения и восстановления нитратного азота растениями [5, 6].

В последующих сериях экспериментов с капустой китайской *Brassica chinensis* L. были исследованы продуктивность посевов и распределение сухого вещества и пула нитратов по органам и тканям растений при выращивании в гидропонной нециркуляционной проточной установке. Растения выращивали под белыми и красными светодиодами на питательных растворах с различными концентрациями азота (нитратный – от 40 до 150 мг/л; аммонийный – от 0 до 70 мг/л). В опытах установлена положительная корреляция между накоплением сухой массы растениями и концентрацией азота в питательном растворе в диапазоне от 40 до 120 мг/л. Показано, что при выбранном режиме освещения концентрация нитратного азота в растворе не должна превышать 70 мг/л. Частичное замещение нитратной формы азота аммонийной позволило уменьшить накопление нитратов в побегах без потери продуктивности [7].

Проведен ряд научных исследований в закрытых экосистемах – синерготронах, которые могут служить основой систем жизнеобеспечения во время космических полетов, на космических станциях или в космиче-

ских местах обитания, где тестируются некоторые условия, характерные для МКС [8].

В связи с тем, что твердый грунт для космической оранжереи имеет ряд недостатков (большая масса, опасность попадания частиц в вентиляционную систему и др.) возникает необходимость поиска оптимальных субстратов. При сравнительной оценке эффективности выращивания салата-латука листовой разновидности на различных субстратах в условиях системы фитотрона ИСП-0.1 преимущество показал многокомпонентный кокосовый субстрат, где урожайность увеличилась на 10% по сравнению с субстратом из минеральной ваты [9, 10].

Изучена возможность использования при гидропонном выращивании салата листового в фитотроне ИСП-0.1 питательного раствора с добавлением органических компонентов (гуминовые кислоты, микориза, препараты азотфиксирующих бактерий). Лучшие результаты показало введение в питательный раствор экстрактов гуминовых кислот. Получены данные о стимулирующем влиянии на рост растений комплекса органических компонентов при совместном применении (синергизм) [11].

Проведено изучение влияния освещения на прорастание семян брокколи (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) и капусты китайской (*Brassica rapa* var. *chinensis*) и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСП 1.01. Выявлено существенное повышение антиоксидантной активности микрозелени при проращивании в темноте в сравнении с проращиванием на свету (у брокколи – в 5,5 раз, у капусты китайской – в 4,8 раза). Сравнение двух разновидностей капусты показало, что брокколи в замкнутой системе синерготрона формирует значительно большую надземную биомассу, чем капуста китайская (на 4-е сутки после посева – на 37%, на 18-е сутки – на 75,4% в темновом варианте) [11].

Изучение влияния микрогравитации на семена овощных культур на борту Международной космической станции проводится в ФГБНУ ФНЦО совместно с институтом медико-биологических проблем РАН с 2013 года. В работе изучены сорта: салата Московский парниковый, Букет, Синтез, Кавалер, Петрович, Пикник; укропа Кибрай, Кулинар, Грибовский; горчица салатная Сударушка; индау (руккола) – Русалочка. К настоящему времени получены потомства пятого поколения (P₅) укропа, выделенные из сортопопуляции Кибрай, характеризующиеся более продолжительными фазами развития растения в период вегетации, сильной облиственностью и большей продуктивностью семян; потомства четвертого поколения (P₄) салата, выделенные из сортопопуляции Московский парниковый, отличающиеся от родительской формы по ряду морфологических признаков. В потомстве из сортопопуляции Букет выделены растения с отрицательной изменчивостью и с преобладанием нежелательных признаков. Данный обширный материал включён в исследования 2023 года, поскольку за время работы установлена перспективность создания нового исходного материала для получения будущих сортов по зеленым и пряно-вкусовым культурам [13].



Мечта фотографа!
(фото Самокутьева А.М.)



Самая высокая в мире смотровая площадка
(фото Самокутьева А.М.)

Александр Михайлович Самокутьев – лётчик-космонавт, совершил два космических полёта в качестве командира космических кораблей «Союз ТМА-21» (2011 год) и «Союз ТМА-14М» (2014-2015 годы), Герой Российской Федерации, Депутат Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации



В.Ф. Пивоваров и А.М. Самокутьев, в тепличном комплексе ФНЦО, 2021 год



Герой Российской Федерации, 90-й космонавт России Юрий Михайлович Батурин, 13 декабря 2022 года в ФНЦ овощеводства

В рамках научно-технического сотрудничества с Институтом биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, (ИБХФ РАН) по теме: «Изучение изменений молекулярно-генетических и биохимических параметров растений, подвергшихся воздействию условий космического полета на Международной космической станции (МКС)» были проведены исследования по изучению растений томата, выращенных из семян, длительное время находившихся в условиях космического полета. В результате изучения обнаружено статистически значимое увеличение уровней аскорбиновой кислоты, полифенолов и каротиноидов, общей антиоксидантной активности плодов томата по сравнению с растениями, выращенными из контрольных семян (наземный контроль). Также выявлено уменьшение антиоксидантной активности в корнях растений, выращенных из экспонированных семян, увеличение продуктивности этих растений с одновременным снижением содержания сухого вещества, сахаров, органических кислот, Fe, Cu и вкусового индекса [14].

В настоящее время отобраны образцы ткани растений томата, семена которых длительное время экспонировались на МКС, и образцы ткани растений томата, выращенных из семян наземного контроля, для секвенирования методом NGS на приборе OxfordNanopore с

целью изучения транскриптома этих растений для выявления генетических изменений. Проводится дальнейшая работа с имеющимися образцами «космического» томата – селекционные отборы, биохимические и молекулярно-биологические исследования. Расширен эксперимент новыми перспективными для селекционного процесса сортами томата и перца, семена которых длительное время экспонировались на МКС и любезно переданы для исследования космонавтом А.Н. Шкаплеровым.

В канун Дня космонавтики коллектив Федерального научного центра овощеводства поздравляет всех с Днем первого полёта человека в космос! Этот памятный день продемонстрировал всему миру величие отечественной науки и героизм первооткрывателей. В настоящее время развитие космических исследований в России направлено на мирное освоение космоса и связано с многими отраслями науки, в том числе и сельскохозяйственной, достижения которой приведут к тому, что «..на Марсе будут яблони цвести!»

Об авторах:

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, академик РАН, главный н.с., автор для переписки, alexsoldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Виктор Федорович Пивоваров – доктор с.-х. наук, академик РАН, научный руководитель, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

Ольга Николаевна Пышная – доктор с.-х. наук, главный н.с., pishnaya_o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>

Любовь Кирилловна Гуркина – кандидат с.-х. наук, с.н.с., <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

Марина Михайловна Тареева – кандидат с.-х. наук, с.н.с., vegetables.of.russia@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

About the Authors:

Alexey V. Soldatenko – Doc. Sci. (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Sciences, Correspondence Author, alexsoldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Victor F. Pivovarov – Doc. Sci. (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, pivovarov@vniissok.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

Olga N. Pysnaya – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, pishnaya_o@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>

Lyubov K. Gurkina – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8384-2857>

Marina M. Tareeva – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, vegetables.of.russia@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>

• Литература

1. Оранжерея на орбите - Новости - Госкорпорация «Роскосмос» (roscosmos.ru)
2. Тетради Королева. Корифеи науки. *Техника молодежи*. 1981;(4):30-31.
3. Пивоваров В.Ф., Примак А.П., Федорова М.И., Тареева М.М. Космические овощи ВНИИССОК. *Овощи России*. 2011;(2):59-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-59-64>. EDN OYBZGT.
4. Солдатенко А. В., Иванова М. И., Бондарева Л. Л., Тареева М. М. Капустные зеленые овощи. М.: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства", 2022. 296 с. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI.
5. Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Ерохин А.Н. Космические оранжереи: настоящее и будущее. М., Фирма «Слово». 2005. 368 с.
6. Старцев В.И., Бондарева Л.Л., Сняк Ю.Е., Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Гуськова Е.И. Продуктивность и качество капусты китайской в условиях, имитирующих радиационное воздействие при полете к Марсу. *Овощи России*. 2009;(3):33-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-3-33-36>. EDN OYDOQD.
7. Знаменский А.И., Яковлева О.С., Смолянина С.О., Беркович Ю.А., Тараканов И.Г. Продукционный процесс и азотное питание растений капусты китайской *Brassica chinensis* L. при выращивании под светодиодным облучателем. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(2):129-135. DOI 10.34677/0021-342X-2019-2-129-135. EDN RKDFDE.
8. Зеленков В.Н., Верник П.А. Создание замкнутых агробиотехносистем на базе цифровых технологий – новые возможности научного познания культур клеток и высших растений. *Актуальная биотехнология*. 2018;3(26):50–55. EDN ZASEKT.
9. Зеленков В.Н., Попов А.И., Иванова М.И., Латушкин В.В., Новиков В.Б., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б. Сравнительная оценка минеральной ваты и кокосового субстрата при выращивании салата листового в гидропонной культуре в условиях системы фитотрона ИСР-0.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С.107-115. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-105-113. EDN KFYGOI.
10. Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Иванова М.И., Новиков В.Б., Поверина Н.В. Оценка различных почвозаменителей для выращивания салата листового и горчицы салатной в закрытой системе синерготрона ИСР-1.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С.116-124. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-114-122. EDN YDVUNN.
11. Латушкин В.В., Попов А.И., Зеленков В.Н., Иванова М.И., Новиков В.Б., Елисеева Л.Г., Леонова И.Б. Испытания различных составов питательного раствора для капельного полива салата листового в системе фитотрона ИСР-0.1. В сборнике: Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Москва, 2018. С. 125-143. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-123-141. EDN DTHLET.
12. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Иванова М.И., Лапин А.А., Разин О.А., Гаврилов С.В., Верник П.А. Влияние освещения на прорастивание семян капусты китайской и брокколи и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСР 1.01. *Овощи России*. 2019;(6):146-150. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>. EDN MZXTBX.
13. Отчет ФГБНУ ФНЦО 2014-2022 годы.
14. Dzhos E., Golubkina N., Antoshkina M., Kondratyeva I., Koshevarov A., Shkaplerov A., Zavarykina T., Nechitailo G., Caruso G. Effect of Spaceflight on Tomato Seed Quality and Biochemical Characteristics of Mature Plants. *Horticulturae*. 2021;7(5):89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050089>

• References

1. Greenhouse in orbit - News - ROSCOSMOS State Corporation (roscosmos.ru) (In Russ.)
2. Notebooks Queen. Leading figures of science. *Tekhnika molodezhi*. 1981;(4):30-31. (In Russ.)
3. Pivovarov V., Primak A., Fedorova M., Tareeva M. VNISSOK'S vegetables for the space exploration. *Vegetable crops of Russia*. 2011;(2):59-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-2-59-64>. EDN OYBZGT.
4. Soldatenko A.V., Ivanova M.I., Bondareva L.L., Tareeva M.M. Cabbage green vegetables. M., 2022. 296 p. ISBN 978-5-901695-89-0. EDN UNSAFI. (In Russ.)
5. Berkovich Yu.A., Krivobok N.M., Smolyanina S.O., Erokhin A.N. Space greenhouses: present and future. M., "Slovo". 2005. 368 p. (In Russ.)
6. Startsev V., Bondareva L., Siniyak U., Berkovich U., Krivobok N., Smolyanina S., Guskova E. Yielding ability and quality characteristics of Chinese cabbage in condition of imitation of radiation influence during the space mission to Mars. *Vegetable crops of Russia*. 2009;(3):33-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2009-3-33-36>. EDN OYDOQD.
7. Znamenskiy A.I., Yakovleva O.S., Smolyanina S.O., Berkovich Yu.A., Tarakanov I.G. Plant production processes and nitrogen metabolism of chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.) when grown under led illumination. *izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(2):129-135. (In Russ.) DOI 10.34677/0021-342X-2019-2-129-135. EDN RKDFDE.
8. Zelenkov V.N., Vernik P.A. Creation of closed agrobiotechnosystems based on digital technologies - new opportunities for scientific knowledge of cell cultures and higher plants. *Actual biotechnology*. 2018;3(26):50–55. EDN ZASEKT. (In Russ.)
9. Zelenkov V.N., Popov A.I., Ivanova M.I., Latushkin V.V., Novikov V.B., Eliseeva L.G., Leonova I.B. Comparative evaluation of mineral wool and coconut substrates for cultivating green lettuce in hydroponic culture under conditions of a phytotron system ISR-0. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C.107-115. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-105-113. EDN KFYGOI. (In Russ.)
10. Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Ivanova M., Novikov V.B., Poverina N.V. Evaluating different soil substitutes for cultivating green lettuce and brown mustard in a closed sinergotron system ISR-1.1. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C.116-124. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-114-122. EDN YDVUNN. (In Russ.)
11. Latushkin V.V., Popov A.I., Zelenkov V.N., Ivanova M.I., Novikov V.B., Eliseeva L.G., Leonov I.B.. Testing different compositions of nutrient solution for drip irrigation of green lettuce in a phytotron system ISR-0.1. In the collection: Plant life cycle and ecology: regulation and management of the habitat in agrobiotechnosystems. Collection of scientific papers. M., 2018. C. 125-143. DOI 10.22184/978-5-94836-543-5-123-141. EDN DTHLET. (In Russ.)
12. Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Ivanova M.I., Lapin A.A., Razin O.A., Gavrilo S.V., Vernik P.A. The influence of lighting on the seeds germination of chinese cabbage and broccoli and antioxidant activity of microgreens in the closed system of the sinergotron ISR 1.01. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):146-150. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>. EDN MZXTBX.
13. Report of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC), 2014-2022. (In Russ.)
14. Dzhos E., Golubkina N., Antoshkina M., Kondratyeva I., Koshevarov A., Shkaplerov A., Zavarykina T., Nechitailo G., Caruso G. Effect of Spaceflight on Tomato Seed Quality and Biochemical Characteristics of Mature Plants. *Horticulturae*. 2021;7(5):89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050089>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>
УДК 631.531:(581.4+57.087)

А.Ф. Бухаров

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бухаров А.Ф. Зародыш и морфометрические параметры семян овощных растений семейства Зонтичные как предмет селекции. *Овощи России*. 2023;(2):11-16. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>

Поступила в редакцию: 09.03.2023

Принята к печати: 20.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Alexander F. Bukharov

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

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

For citations: Bukharov A.F. Germ and seed morphometric parameters of seeds of vegetable plants of the Umbelliferae family as a breeding subject. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-11-16>

Received: 09.03.2023

Accepted for publication: 20.03.2023

Published: 03.04.2023

Зародыш и морфометрические параметры семян овощных растений семейства Зонтичные как предмет селекции



Резюме

Работа посвящена изучению статистических параметров линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, изменчивости, корреляционным связям, проявлению этих признаков в гибридных комбинациях. Морфометрические параметры, в значительной степени определяют качество семян. Наличие недоразвитого зародыша обуславливает продолжительность периода гетеротрофного развития проростка, влияет на всхожесть, энергию, долговечность, реакцию семян на изменение условий прорастания и, в конечном счете, увеличивает межфазный период от посева до появления всходов. В статье показана высокая вариабельность этих параметров у многочисленных представителей овощных культур – представителей семейства Зонтичные, анализируются причины, их вызывающие и прогнозируется потенциальная возможность использования этой изменчивости в селекционных программах. Объектом исследований служили семена различных сортов моркови, петрушки, пастернака, сельдерея, укропа. Измерение длины семени и эндосперма проводилось с использованием штангенциркуля. Длину зародыша определяли с использованием микроскопа и видеоокуляра при увеличении $\times 40$, с помощью программы Scope Photo. Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 20 семян. Значения коэффициента вариации длины эндосперма и семени изменялись в пределах от 9 до 19%, в зависимости от видовых и сортовых особенностей. Вариабельность зародыша достигала 18-28%. между размером зародыша с одной стороны и длиной эндосперма (0,208-0,369) и семени (0,213-0,376) с другой отмечены слабые корреляционные связи, свидетельствующие о независимом наследовании этих параметров. Показана наследственная обусловленность изменчивости зародыша, эндосперма и семени моркови (50,8-86,5%) и пастернака (49,6-58,9%), что характеризует реальную возможность их селекционного совершенствования. В процессе изучения отдельных гибридов моркови (родительские формы которых резко отличались по морфометрическим параметрам семян) выявлено, что F_1 гибриды по этим признакам преимущественно проявляли положительное сверхдоминирование (38,1%) и доминирование (16,7%). По комплексу относительных параметров (индексов) чаще отмечено отрицательное сверхдоминирование (23,8%) и доминирование (4,8%). Результаты многолетних исследований свидетельствуют, что морфометрические параметры (длина семени, эндосперма, зародыша) и их соотношения (индексы) семян, как и любые другие биологические признаки, генетически обусловлены и зависят от видовых и сортовых особенностей. Сравнение дикорастущих и сортовых образцов моркови свидетельствует о том, что в процессе окультуривания размер зародыша претерпевал существенные изменения в сторону увеличения, даже при отсутствии целенаправленного отбора. Поэтому, при применении искусственного отбора в этом направлении, можно ожидать более значительных результатов.

Ключевые слова: овощные зонтичные культуры, семя, эндосперм, зародыш, селекция

Germ and seed morphometric parameters of seeds of vegetable plants of the Umbelliferae family as a breeding subject

Abstract

The work is devoted to the study of statistical parameters of the linear dimensions of the seed, endosperm and embryo, variability, correlations, and the manifestation of these traits in hybrid combinations. Morphometric parameters largely determine the quality of seeds. The presence of an underdeveloped embryo determines the duration of the period of heterotrophic development of the seedling, affects germination, energy, longevity, seed response to changes in germination conditions, and, ultimately, increases the interphase period from sowing to germination. The article shows the high variability of these parameters in numerous representatives of vegetable crops - representatives of the Umbelliferae (Apiaceae) family, analyzes the causes that cause them, and predicts the potential use of this variability in breeding programs. The object of research was the seeds of various varieties of carrots, parsley, parsnips, celery, dill. Measurement of the length of the seed and endosperm was carried out using a caliper. The length of the embryo was determined using a microscope and a video eyepiece at $\times 40$ magnification using the Scope Photo program. The experiment was repeated four times, in each repetition at least 20 seeds. The values of the coefficient of variation in the length of the endosperm and seed varied from 9 to 19%, depending on the species and cultivar characteristics. The variability of the embryo reached 18-28%. between the size of the embryo on the one hand and the length of the endosperm (0.208-0.369) and seed (0.213-0.376) on the other, weak correlations were noted, indicating the independent inheritance of these parameters. The hereditary conditionality of the variability of the embryo, endosperm and seed of carrots (50.8-86.5%) and parsnips (49.6-58.9%) is shown, which characterizes the real possibility of their breeding improvement. In the process of studying distant hybrids of carrots (the parental forms of which differed sharply in morphometric parameters of seeds), it was found that F_1 hybrids for these traits predominantly showed positive overdominance (38.1%) and dominance (16.7%). According to the complex of relative parameters (indices), negative overdominance (23.8%) and dominance (4.8%) were more often noted. The results of many years of research indicate that the morphometric parameters (length of the seed, endosperm, embryo) and their ratios (indices) of seeds, like any other biological traits, are genetically determined and depend on species and cultivar characteristics. A comparison of wild-growing and varietal samples of carrots indicates that in the process of cultivation, the size of the embryo underwent significant upward changes, even in the absence of targeted selection. Therefore, when applying artificial selection in this direction, one can expect more significant results.

Keywords: vegetable umbrella crops, seed, endosperm, germ, selection

«Первое ... это увидеть предмет исследования»
Д. Томсон [1]

Введение

Изначально селекцию культурных растений вели по признакам, определяющим продуктивность и качество товарных органов. Сопутствующие признаки, как правило, не учитывались или подвергались только бессознательному отбору. Однако список полезных в культуре признаков, показателей, свойств растений постепенно расширялся. Много внимания стали уделять физиологическим свойствам, в том числе устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды, активности фотосинтеза, обращать внимание на морфологические признаки вегетативных органов.

Были созданы карликовые подвои, спуровые и колоновидные сорта плодовых культур [2-4]. Широко известны успехи «зеленой революции», в которой ставка была сделана на использовании признака короткостебельности зерновых культур [5, 6]. Высокая эффективность полевой культуры томата достигнута благодаря созданию детерминантных сортов, а внедрение механизированной уборки после передачи им признака бесколенчатого сочленения плода с плодоножкой [7]. Большой практический интерес представляют признаки букетности и легкой отделяемости плодов в селекции перца на пригодность к одноразовой и механизированной уборке [8].

Известны немногочисленные случаи использования в селекционном процессе признаков семян, которые, на первый взгляд представлялись второстепенными, но позволили повысить технологичность производства таких культур, как свекла (раздельноплодность), горох (нерастрескивающийся боб и неосыпающиеся семена у гороха, томата (коричневые семена) [9-12].

В селекционной практике до настоящего времени при создании новых сортов моркови (и других видов семейства зонтичные) преимущественно привлекают количественные и качественные признаки корнеплодов, в то время как, признакам семенных растений уделяется гораздо меньше внимания, несмотря на то, что для многих из них доказана генетическая обусловленность [13]. В исследованиях Л.В. Старцевой была установлена возможность, отбора растений моркови второго года жизни по типу «куста», особенностям ветвления, количеству стеблей, соцветий и, в конечном счете, семенной продуктивности [14]. Были выделены перспективные образцы в данном направлении. Целенаправленную практическую селекцию моркови столовой на сочетание хозяйственно ценных признаков товарных органов (корнеплодов) с комплексом морфологических признаков семенных растений, определяющих устойчивость к полеганию, осуществляли на Воронежской овощной опытной станции при создании сорта Рогнеда [15], а также F₁ гетерозисных гибридов [16].

Для моркови и других культур представителей семейства Зонтичные не менее важное значение имеют признаки, характеризующие строение семени (с ботанической точки зрения плода). Недоразвитый зародыш, характерный для большинства представителей семейства зонтичные, определяет многие проблемы, возникающие в процессе культивирования, семеноводства, доработки и хранения семян, в том числе: кратковремен-

ный период сохранности, быстрая потеря всхожести, склонность впадать в состояние покоя, замедленное прорастание [17-19].

Получение семян высокого качества у овощных зонтичных культур – задача, решить которую только агротехническими методами и технологическими приемами послеуборочной и предпосевной доработки оказалось достаточно сложно. Растянутый период цветения и созревания семян вызывает значительную разнокачественность семян, в том числе по морфометрическим параметрам внутреннего строения семян. Тщательная сортировка, как правило, травмирует семена, приводит к увеличению отхода, уменьшает срок их сохранности и приводит к снижению товарной урожайности семян [20, 21].

Поэтому все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение морфометрических параметров внешнего и внутреннего строения семян, в том числе их генетической обусловленности, что позволило бы осуществлять их селекционное совершенствование [22, 23].

Цель и задачи: Целью настоящей работы было изучить статистические параметры линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, изменчивость, корреляционные связи, проявление в гибридных комбинациях, обосновать причины их вызывающие у многочисленных представителей овощных культур – представителей семейства Зонтичные с целью потенциального использования в селекционных программах.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена различных сортов моркови, петрушки, пастернака, сельдерея, укропа и других культур. Измерение длины семени и эндосперма проводилось с использованием штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли с использованием микроскопа Levenhuk 670T и видеоокуляра DCM 300 MD при увеличении Ч40, с помощью программы Scope Photo. Анализировали последовательно длину каждого семени, эндосперма и зародыша. Повторность опыта четырехкратная, в каждой повторности не менее 20 семян [24, 25].

В процессе исследований рассчитывали индексы $I_{\text{Э/С}}$, $I_{\text{З/Э}}$, $I_{\text{З/С}}$ показывающие отношения длины семени, эндосперма и зародыша в соответствии с ранее разработанными методиками [25,26]. Различия между значениями параметров изученных образцов считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$. Коэффициент корреляция Пирсона (r), вклад факторов и степень доминантности рассчитывали в соответствии с методиками, изложенными в монографиях [5, 27].

Результаты исследований и обсуждение

В процессе проведения настоящих исследований было установлено высокая степень изменчивости морфологических признаков семени у большой группы культур представителей семейства Зонтичные, как между сортами, так и между отборами (семьями и линиями) в пределах исходных сортовых популяций (табл. 1). Значения коэффициента вариации длины эндосперма и семени изменялся в пределах от 9 до 19%, в зависимости от видовых и сортовых особенностей. Варибельность зародыша достигала 18-28%.

Таблица 1. Значение морфометрических параметров семян в сортовых популяциях овощных культур семейства Зонтичные, мм (2016-2021 годы)

Table 1. The value of morphometric parameters of seeds in varietal populations of vegetable crops of the Umbelliferae family, mm (2016-2021)

Культура	Семя		Эндосперм		Зародыш	
	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}
Морковь столовая	2,94±0,03	3,16±0,04	2,50±0,04	2,77±0,03	0,84±0,02	1,24±0,03
Петрушка корневая	2,26±0,04	2,91±0,04	1,87±0,03	2,56±0,03	0,76±0,01	1,22±0,01
Сельдерей листовый	1,50±0,049	1,61±0,044	1,27±0,034	1,39±0,024	0,39±0,012	0,53±0,015
Сельдерей черешковый	1,41±0,029	1,62±0,047	1,28±0,041	1,45±0,042	0,41±0,010	0,54±0,017
Сельдерей корневой	1,42±0,038	1,62±0,051	1,28±0,036	1,45±0,032	0,47±0,012	0,55±0,014
Пастернак	6,47±0,07	6,53±0,09	4,28±0,04	4,69±0,05	1,42±0,02	1,96±0,02
Кориандр	2,92±0,10	3,83±0,14	2,76±0,09	3,54±0,13	0,87±0,03	1,06±0,04
Укроп	3,56±0,07	5,01±0,09	3,15±0,07	4,10±0,08	0,87±0,01	1,07±0,04

Таблица 2. Изменчивость индексов морфологических элементов семян в сортовых популяциях овощных культур семейства Зонтичные, 2016-2021 годы

Table 2. Variability of indices of morphological parameters of seeds in varietal populations of vegetable crops of the Umbelliferae family, 2016-2021

Культура	I _{з/с}		I _{з/э}		I _{э/с}	
	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}
Морковь столовая	0,28	0,42	0,30	0,51	0,72	0,94
Петрушка корневая	0,34	0,42	0,41	0,48	0,83	0,88
Сельдерей листовый	0,24	0,35	0,28	0,33	0,85	0,88
Сельдерей черешковый	0,29	0,33	0,32	0,37	0,85	0,91
Сельдерей корневой	0,29	0,39	0,32	0,39	0,87	0,91
Пастернак	0,19	0,30	0,28	0,42	0,66	0,81
Кориандр	0,24	0,34	0,26	0,38	0,89	0,99
Укроп	0,20	0,27	0,24	0,32	0,81	0,88

Выявлена достаточно тесная корреляционная связь между линейными размерами семени и эндосперма (от $r=0,646$ до $r=0,885$) при высоком уровне значимости. Слабые корреляционные зависимости между разме-

ром зародыша с одной стороны и длиной эндосперма (0,208-0,369) и семени (0,213-0,376) с другой предположительно свидетельствует о независимом наследовании этих параметров.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Пирсона (r) морфометрических параметров семян овощных культур семейства Зонтичные (Umbelliferae), 2016-2021 годы

Table 3. Pearson correlation coefficients (r) of morphometric parameters of seeds of vegetable crops of the Umbelliferae family, 2016-2021

Культура	Семя / Эндосперм		Семя / Зародыш		Эндосперм / Зародыш	
	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}	X _{min}	X _{max}
Морковь столовая	0,736	0,894	0,149	0,367	0,194	0,369
Петрушка корневая	0,822	0,923	0,245	0,332	0,169	0,382
Сельдерей листовый	0,774	0,904	0,165	0,254	0,224	0,318
Сельдерей черешковый	0,795	0,924	0,167	0,224	0,221	0,291
Сельдерей корневой	0,791	0,921	0,157	0,224	0,192	0,342
Пастернак	0,824	0,833	0,129	0,236	0,259	0,263
Кориандр	0,640	0,981	0,141	0,424	0,113	0,393
Укроп	0,766	0,833	0,225	0,264	0,217	0,226

Фактор сорта оказывал преобладающее влияние (от 50,8% до 86,5%) на размер семени моркови и его морфологических элементов. Вклад фактора экологических условий года репродукции в формирование морфометрических параметров не превышал 22,3%. Это свидетельствует о перспективности отбора и возможности селекционного изменения морфологических параметров семени [23]. У пастернака фактором сорта также были преимущественно обусловлены изменчивость длины эндосперма на (41,3%), зародыша (49,6%) и индекс $I_{з/э}$ (58,9%) [28]. Поскольку значительная часть изменчивости морфометрических параметров семян овощных зонтичных наследственно обусловлена, то возникает реальная возможность их селекционного совершенствования.

При изучении коллекции диких сородичей моркови (27 представителей рода *Daucus*) выявлены существенные различия изученных образцов по морфометрическим параметрам семян, как в абсолютном, так и относительном измерении [29].

Известно, что отдаленные скрещивания в роде *Daucus* осуществляются без особых затруднений [30, 31]. Это позволило выполнить ряд гибридных комбинаций, в том числе, у которых родительские формы отличающихся по морфометрическим параметрам семян.

В процессе изучения отдаленных гибридов моркови выявлено, что F_1 гибриды по комплексу морфометрических параметров (в физическом выражении) семян преимущественно проявляли положительное сверхдоми-

положительной степенью доминантности. Относительные значения параметров (индексы), как правило, наследовались с отрицательной степенью доминантности. Специфика наследования морфометрических параметров семян (степень доминантности) в значительной степени обусловлена происхождением и пloidностью тканей из которых развиваются элементы семени, что следует учитывать при анализе результатов исследований.

Многokратно установлено, что морфометрические параметры (длина семени, эндосперма, зародыша) и их соотношения (индексы) эволюционно обусловлены [32, 33], тесно связаны с экологическими условиями формирования вида и оказывают влияние на прорастание семян (в том числе в динамике) тем самым определяя динамику их прорастания, как в естественных, так и в лабораторных условиях [34-36]. Бесспорно, что морфометрические параметры семян, как и любые другие биологические признаки, генетически обусловлены и зависят от видовых и сортовых особенностей [37-39].

Сравнение дикорастущих и сортовых образцов моркови свидетельствует о том, что у последних морфометрические параметры семян (прежде всего, зародыш) претерпевали существенные изменения в сторону увеличения, даже при отсутствии целенаправленного отбора [29]. Поэтому, при применении искусственного отбора в этом направлении, можно ожидать более значительных результатов.

Таблица 4. Степень доминантности (h_p) морфологических параметров семян F_1 гибридов, полученных в результате скрещивания культивируемых и дикорастущих форм моркови, 2021-2022 годы
Table 4. Degree of dominance (h_p) of morphological parameters of seeds of F_1 hybrids obtained as a result of crossing cultivated and wild-growing forms of carrots, 2021-2022

F_1 гибриды	Семя	Эндосперм	Зародыш	$I_{э/с}$	$I_{з/с}$	$I_{з/э}$
8В x <i>D. c. subsp. maximus</i> (Desf.) Ball.	0,146	0,153	-0,393	0,600	-1,182	-1,279
8В x <i>Daucus broteri</i> Ten.	5,815	4,529	0,683	0,931	-1,250	-1,495
8В x <i>D. c. subsp. maximus</i> (Desf.) Ball.	0,146	1,725	0,630	2,500	-1,429	-0,975
200П x <i>D. carota</i> Roth.	1,400	1,031	1,364	-0,200	1,524	1,529
200П x <i>Daucus carota</i> L.	0,174	-0,128	-0,727	-2,875	-1,253	-1,019
200П x <i>Daucus carota</i> L.	5,500	3,455	0,345	1,600	-0,043	-0,099
690П x <i>Daucus setifolius</i> Desf.	0,935	0,920	1,611	0,810	2,540	2,846

нирование (38,1%) и доминирование (16,7%). По комплексу относительных параметров (индексов) чаще отмечено отрицательное сверхдоминирование (23,8%) и доминирование (4,8%). Оставшиеся образцы (16,6%) приходились на промежуточное наследование с уклоном в ту или иную сторону (табл. 4).

Наиболее интересны гибриды, у которых отмечен эффект сверхдоминирования по длине зародыша 200П x Д18 ($h_p=1,364$) и 690П x Д23 ($h_p=1,611$). Специфика наследования морфометрических параметров семян (степень доминантности) в значительной степени обусловлена происхождением и пloidностью тканей, из которых развиваются элементы семени, что следует учитывать при анализе и использовании результатов исследований.

Морфометрические параметры в физическом выражении преимущественно наследовались с

Заключение

Морфометрические параметры, в значительной степени определяют качество семян. Наличие недоразвитого зародыша обуславливает продолжительность периода гетеротрофного развития проростка, влияет на всхожесть, энергию, долговечность, реакцию семян на изменение условий прорастания и, в конечном счете, увеличивает межфазный период от посева до появления всходов. Для семян овощных зонтичных культур характерна значительная вариабельность морфометрических параметров, как прямых, так и относительных. Как и любые другие признаки, морфометрические параметры семян наследственно обусловлены и зависят от видовых и сортовых и индивидуальных особенностей. Значительная доля вариабельности морфологических элементов семени у изученных видов находится под влиянием сортовой специфики, в том числе

норма реакции на изменение условий внешней среды также наследственно детерминирована. Вклад наследственного фактора в изменчивость морфометрических параметров семян овощных зонтичных культур, как правило, превышает влияние эколого-географических

и агротехнических условий выращивания семенных растений. Поэтому все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение морфологических параметров семян, которые можно рассматривать в качестве предмета селекции.

Об авторе:

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

About the author:

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

• Литература

- Томсон Д. Дух науки. М.: «Знание». 1970. 175 с.
- Будаговский В.И. Культура слаброслых плодовых деревьев. М.: «Колос», 1976. 304 с.
- Седов Е.Н. и др. Сорта яблони и груши. Орел: Изд-во ГНУ ВНИИСПК. 2004. 208 с.
- Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. М.: ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемия. 2011. 528 с.
- Жученко А.А. Генетика томата. Кишинев. «Штиинца». 1973. 663 с.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиогенез). Кишинев. «Штиинца». 1980. 588 с.
- Авдеев Ю.И. Селекция томатов. Кишинев. «Штиинца». 1982. 282 с.
- Бухаров А.Ф., Бухаров А.Р. Интрогрессия, гетерозис и адаптогенез в селекции перца. Монография. М. 2011. 292 с.
- Буренин В.И., Пискунова Т.М., Соколова Д.В. Генофонд для селекции раздельноплодной столовой свеклы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2016;177(4):45-56. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-4-45-56>. EDN XVLNXN.
- Энциклопедия рода Beta. Биология, генетика и селекция свеклы. Новосибирск: «Издательство Сова», 2010. 686 с.
- Зеленов А.Н. Культурная эволюция гороха посевного. *Генетика*. 1994;(30):55-66.
- Беков Р.Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в практической селекции). М.: ВНИИО, 2014. 332 с.
- Леунов В.И., Ховрин А.Н. Изменчивость признаков семенных растений моркови столовой (*Daucus carota* L. var. *sativus* Hoffm.). Инновационное обеспечение развития плодовоовощного комплекса Юга России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции п. Персиановка, Донской ГАУ. 2008. С. 55-58.
- Старцева Л.В. Изменчивость и наследуемость признаков семенных растений моркови. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1990;(12):49.
- Старцева Л.В. Особенности изменчивости, наследования и корреляции признаков семенных растений моркови. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. М. 1993. 25 с.
- Сычева Л.В. Селекция Моркови на урожайность и высокое содержание каротина. – Селекция и семеноводство овощных культур в Центрально-Черноземной зоне. Сб. науч. тр. М. 1985. С.51-57.
- Сычева Л.В., Жидкова Н.И. Гетерозисные сортолинейные гибриды моркови F1 на базе линий ЦМС. Селекция и семеноводство овощных культур в Центрально-Черноземной зоне. Сб. науч. тр. М., 1985. С.64-67.
- Бухаров А.Ф. Разнокачественность семян: теория и практика (обзор). *Овощи России*. 2020;(2):23-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>. EDN GBELBZ.
- Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Издательство АН СССР. 1961. 47 с.
- Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Издательство Наука. 1975. 469 с.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2017;(2):5-19. EDN YTAVM.
- Мусаев Ф.Б.О., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Щукина П.А., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур. *Картофель и овощи*. 2018;(6):35-37. EDN BYPETM.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея. *Картофель и овощи*. 2014;(5):34-36. EDN SBZHMV.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Кашнова Е.В., Касаева Г.В., Иванова М.И., Разин О.А. Экологическая и сортовая изменчивость морфометрических параметров семян моркови. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40. DOI 10.25630/PAV.2019.26.44.009. EDN YZKORN.
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. М: Издательство ФГБУ ФНЦО, 2020. 80 с.
- Necajeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150–161. (doi.org/10.3176/eco.2013.2.06).
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р., Разин О.А. Морфометрия зародыша, как элемент системы тестирования качества семян укропа. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018;(72):63-66. DOI 10.21515/1999-1703-72-63-66. EDN XYNOWL.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 415 с.
- Бухаров А.Ф., Еремина Н.А. Влияние сортового и экологического факторов на морфологические параметры семян пастернака. *Агрпромышленные технологии Центральной России*. 2021;2(N20):47-57. DOI 10.24888/2541-7835-2021-20-47-57. EDN CDAFBP.
- Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Леунов В.И., Соколова Л.М. Морфометрические параметры семян дикорастущих форм моркови как селекционные признаки. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022;(2):54-69. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-54-69. EDN EOYMCD.
- Тимин Н.И., Двоенко И.Т., Жевора С.В., Тимина Л.Т., Шмыкова Н.А. Межвидовая гибридизация моркови рода *Daucus* L. (методические рекомендации). ВНИИССОК. М., 2007. 54 с.
- Пименов М.Г., Леунов В.И., Ховрин А.Н., Соколова Л.М., Клыгина Т.Э. Создание и оценка коллекции диких видов и разновидностей моркови. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009;(166):446–450. EDN UDXPIZ.
- Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25–30. (doi.org/10.2478/fhort-2013-0147).
- Vandelook F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in *Apiaceae*. *New Phytologist*. 2012;(195):479–487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x).
- Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014;7(117):26-32. EDN SJIQQH.
- Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах. *Овощи России*. 2012;(3):38-46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46>. EDN PFOCAH.

37. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров (учебно-методическое пособие). Москва, 2016. 64 с.
 38. Corbineau F., Picard M.A., Bonnet A., Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen. *Seed Science Research*. 1995;(5):129–135.
 39. Geritz S.A., Kisdi H.E., Meszen G., Metz J.A.J. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree. *Evol. Ecol.* 1998;(12):35-57.
 40. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects. *Trends Ecol. Evol.* 2008;(23):432-438.

• References

1. Thomson D. Spirit of Science. M.: "Knowledge". 1970. 175 p. (In Russ.)
 2. Budagovsky V.I. Culture of low-growing fruit trees. M.: Kolos, 1976. 304 p. (In Russ.)
 3. Sedov E.N. and others. Varieties of apple and pear. Orel: Publishing house of GNU VNIISPK. 2004. 208 p. (In Russ.)
 4. Kichina V.V. Principles of improvement of garden plants. M.: GNU Vstisp Russian Agricultural Academy. 2011. 528 p. (In Russ.)
 5. Zhuchenko A.A. Tomato genetics. Kishinev. "Shtiintsa". 1973. 663 p. (In Russ.)
 6. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants (adaptation, recombinogenesis, agrobiocenosis). Kishinev. "Shtiintsa". 1980. 588 p. (In Russ.)
 7. Avdeev Yu.I. Selection of tomatoes. Kishinev. "Shtiintsa". 1982. 282 p. (In Russ.)
 8. Bukharov A.F., Bukharov A.R. Introgression, heterosis and adaptogenesis in pepper breeding. *Monograph*. M. 2011. 292 p. (In Russ.)
 9. Burenin V.I., Piskunova T.M., Sokolova D.V. Gene pool for breeding monogerm table beet. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2016;177(4):45-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2016-4-45-56>. EDN XLVNXN.
 10. Encyclopedia of the genus Beta. Biology, genetics and selection of beets. Novosibirsk: Owl Publishing House, 2010. 686 p. (In Russ.)
 11. Zelenov A.N. Cultural evolution of peas. *Genetics*. 1994;(30):55-66. (In Russ.)
 12. Bekov R.Kh. Tomato (effective use of genetic markers in practical breeding). M.: VNIIO, 2014. 332 p. (In Russ.)
 13. Leunov V.I., Khovrin A.N. Variability of traits in seed plants of table carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus Hoffm.*). Innovative support for the development of the fruit and vegetable complex in the South of Russia. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Persianovka settlement, Donskoy State Agrarian University. 2008. P. 55-58. (In Russ.)
 14. Startseva L.V. Variability and heritability of traits in carrot seed plants. *Reports of VASKhNIL*. 1990;(12):49. (In Russ.)
 15. Startseva L.V. Peculiarities of variability, inheritance and correlation of traits of carrot seed plants. M. 1993. 25 p. (In Russ.)
 16. Sycheva L.V. Selection of Carrots for productivity and high content of carotene. – Selection and seed production of vegetable crops in the Central Black Earth zone. M. 1985. P.51-57. (In Russ.)
 17. Sycheva L.V., Zhidkova N.I. Heterotic variety-linear hybrids of F1 carrots based on CMS lines. Selection and seed production of vegetable crops in the Central Black Earth zone. M., 1985. P.64-67. (In Russ.)
 18. Bukharov A.F. Variability and heterogeneity of seeds: theory and practice (review). *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):23-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>. EDN GBELBZ.
 19. Grushvitsky I.V. The role of underdevelopment of the embryo in the evolution of flowering plants. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1961. 47 p. (In Russ.)
 20. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. Novosibirsk: Nauka Publishing House. 1975. 469 p. (In Russ.)

21. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics of seed germination. research methods and parameters. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017;(2):5-19. EDN YTAVMD. (In Russ.)
 22. Musaev F.B., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Shchukina P.A., Bukharov A.F., Ivanova M.I. Digital morphometry of vegetable seeds heterogeneity. *Potato and vegetables*. 2018;(6):35-37. EDN BYPETM. (In Russ.)
 23. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphometry of heterogeneity of parsley and celery seeds, *Potato and vegetables*. 2014;(5):34-36. EDN SBZHMV. (In Russ.)
 24. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and variety variability morphometric parameters of carrots seeds. *Potato and vegetables*. 2019;(3):37-40. DOI 10.25630/PAV.2019.26.44.009. EDN YZKORN. (In Russ.)
 25. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Morphometry in the seed quality testing system. M., 2020. 80 p. (In Russ.)
 26. Necajeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150–161. (doi.org/10.3176/eco.2013.2.06).
 27. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Razin O.A. Morphometry of the embryo as an element of system testing quality of dill seeds. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018;(72):63-66. DOI 10.21515/1999-1703-72-63-66. EDN XYNOWL. (In Russ.)
 28. Dospekhov B.A. Methods of field experience. M.: Kolos, 1985. 415 p. (In Russ.)
 29. Bukharov A., Eremina N. Influence of varietal and environmental factors on morphological parameters of parsnip seeds. *Agroindustrial technologies of Central Russia*. 2021;2(N20):47-57. DOI 10.24888/2541-7835-2021-20-47-57. EDN CDAFBP. (In Russ.)
 30. Bukharov A.F., Eremina N.A., Leunov V.I., Sokolova L.M. Morphometric parameters of wild carrot seeds as breeding traits. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;(2):54-69. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-54-69. EDN EOYMCD. (In Russ.)
 31. Timin N.I., Dvoenko I.T., Zhevora S.V., Timina L.T., Shmykova N.A. Interspecific hybridization of carrots of the genus *Daucus* L. (guidelines). VNISSOK. M., 2007. 54 p. (In Russ.)
 32. Pimenov M.G., Leunov V.I., Chovrin A.N., Sokolova L.M., Klygina T.E. Creation and estimation of the collection of wild kinds and versions of carrots. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2009;(166):446–450. EDN UDXPIZ. (In Russ.)
 33. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. *Folia Horticulturae*. 2010;(22):25–30. (doi.org/10.2478/fhort-2013-0147).
 34. Vandeloek F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *New Phytologist*. 2012;(195):479–487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x).
 35. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of diverse-form seeds of vegetable *Umbrella* crops in the process of formation and germination. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2014;7(117):26-32. EDN SJIQQH. (In Russ.)
 36. Baleev D.N., Bukharov A.F. Specific vegetable seeds germination of Umbelliferae cultures at different temperatures. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(3):38-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46>. EDN PFOCAX. (In Russ.)
 37. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics of seed germination. System of methods and parameters (educational manual). Moscow, 2016. 64 p. (In Russ.)
 38. Corbineau F., Picard M.A., Bonnet A., Come D. Effects of production factors on germination responses of carrot seeds to temperature and oxygen. *Seed Science Research*. 1995;(5):129–135.
 39. Geritz S.A., Kisdi H.E., Meszen G., Metz J.A.J. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree. *Evol. Ecol.* 1998;(12):35-57.
 40. Uller T. Developmental plasticity and the evolution of parental effects. *Trends Ecol. Evol.* 2008;(23):432-438.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-17-28>
УДК 635.63:631.574:001.8

А.В. Курепин^{1*}, А.Ф. Першин¹,
В.Н. Муляр¹, М.К. Белова²

¹ ООО Семеновод

Россия, Краснодарский край, Крымский район,
х. Новоукраинский, ул. Торговая, д. 5

² Кубанский государственный аграрный
университет (КубГАУ)

350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

*Автор для переписки: kuralek@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: Курепин А.В., Першин А.Ф.,
Муляр В.Н., Белова М.К. Прижизненное неразрушающее определение площади листьев у растений огурца для массового анализа. *Овощи России*. 2023;(2):17-28.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-17-28>

Поступила в редакцию: 24.11.2022

Принята к печати: 15.12.2022

Опубликована: 03.04.2023

Aleksey V. Kurepin^{1*}, Alexander F. Pershin¹,
Valeriy N. Mulyar¹, Margarita K. Belova²

¹ LLC Semenovod

5, st. Trading, Novoukrainsky, Krymsky district,
Krasnodar Kray, Russia

² Kuban State Agrarian University

13, st. Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

*Correspondence Author: kuralek@mail.ru

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

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

For citations: Kurepin A.V., Pershin A.F., Mulyar
V.N., Belova M.K. Measuring the area of cucumber
leaves without separation from the plant for
mass analysis. *Vegetable crops of Russia*.
2023;(2):17-28. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-17-28>

Received: 24.11.2022

Accepted for publication: 15.12.2022

Published: 03.04.2023

Прижизненное неразрушающее определение площади листьев у растений огурца для массового анализа



Резюме

Актуальность. Разработать математическую модель распределения площади листьев на растении огурца. На ее основе, с помощью измерения минимального количества параметров: длины и ширины наибольшего листа и количества листьев на растении возможно определение площади листовой поверхности растения без их удаления с растений.

Методы. Для определения фактической площади листьев пользовались двумя методами: весовым и с использованием сканирования изображения листьев в черно-белом режиме. Формулы математических моделей выводили с помощью регрессионного анализа.

Результаты: Разработана и практически опробована система массового определения площади листьев у огурцов. Представлена пошаговая инструкция определения площади листа в обоих случаях: весовым методом и в графическом редакторе по файлу его скана. Точность определения площади составляет при этом $\pm 2\%$. Система включает в себя разработку математической модели распределения площади листьев по растению на момент учета. Для практического использования полученных формул этой модели достаточно измерения всего лишь трех параметров на каждом растении: 1-количество листьев, 2-длина и 3-ширина наибольшего типичного листа. Предложен критерий типичности на основе соотношения длины и ширины листа. Модель совпадает с фактической площадью листьев у растений с типичным распределением на уровне $\pm 5\%$. Это позволяет одному звену в 2 человека измерить до 500 растений за рабочий день. Доля растений с типичным распределением площади листьев колеблется от 90% в начале вегетации до 80-85% - в конце ее. Это позволяет относительно точно при минимальных затратах рассчитывать общую площадь в агротехнических опытах. Листья при этом не получают никаких повреждений и продолжают расти.

Заключение: Разработанный метод позволяет проводить учет листовой площади на одних и тех же растениях многократно, на разных фазах онтогенеза и в разные периоды вегетации.

Ключевые слова: огурец, лист, площадь листьев, математическая модель

Measuring the area of cucumber leaves without separation from the plant for mass analysis

Abstract

Relevance. A mathematical model of the distribution of the leaf area of a cucumber plant has been developed. On this basis, it is possible to determine the area of the leaf surface of the plant without removing them from the plants. By measuring the minimum number of parameters: the length and width of the largest leaf and the number of leaves on the plant.

Methods. We determined the area by two methods: using scales and by scanning the leaves in black-and-white image mode. We present here a step-by-step instruction on determining the area of the sheet in both cases: by weighing and by using graphic editor (program) for his scan file. The accuracy of determining the area is $\pm 2\%$.

Results. We have developed and practically tested a system for mass determination of the area of cucumber leaves. It includes the development of a mathematical model of the distribution of leaf area by plants at the time of accounting. For practical use of the obtained formulas, it is enough to measure only three parameters on each plant: the number of leaves, the length and width of the largest typical leaf. A typicality criterion based on the ratio of the length and width of the sheet was proposed. The model coincides with the actual plant area with a typical distribution of $\pm 5\%$. This allows two people to account for up to 500 plants in one working day. The proportion of plants with a typical leaf area distribution ranges from 90% at the beginning of the growing season to 80-85% at its end. This allows relatively accurate calculation of the total area in agrotechnical experiments at minimal cost. The leaves of the plant do not receive any impact and continue to grow at the same time.

Conclusion. The developed method allows taking into account the area on the same plants repeatedly, at different phases of ontogenesis and in different periods of vegetation.

Keywords: cucumber, leaf, leaf area, mathematical model

Введение

Лист – важный орган растения с ограниченным ростом, уплощенной формы, выполняющий три основные метаболические функции: фотосинтез, газообмен и транспирацию. Фотосинтез – это процесс преобразования солнечной энергии в метаболиты, являющиеся строительным материалом растения. В условиях, когда другие параметры (питание, влажность и т.д.) окружающей среды являются оптимальными, продуктивность растений определяется количеством световой энергии, которую растение может улавливать [1]. Соответственно, площадь листьев является наиболее важным фактором, способствующим росту и продуктивности растений [2]. Кроме этого, интенсивность транспирации прямо влияет на ток соков по сосудам растения и далее на степень поглощения питательных веществ. Поэтому величина площади листьев является основным фактором развития растений из-за ее влияния на все эти процессы [3]. По этой причине измерение площади листьев является важнейшим моментом при оценке большинства агрономических и физиологических исследований, включая развитие растений [4].

Классические методы оценки площади листьев, связанные с отделением листьев от растения и измерением их площади, являются трудоёмкими и не подходят для опытов с небольшим количеством образцов. По этой причине многие ученые стремились разработать простой, недорогой и неразрушающий метод оценки площади листьев.

Неразрушающее измерение площади без отрыва листьев является более предпочтительным в исследованиях на одном и том же растении и листе, что позволяет учитывать динамику процессов в ходе испытаний. Кроме того, возможность определения площади листа с помощью простых линейных измерений устраняет необходимость в дорогостоящих и сложных устройствах для измерения площади листа типа электронных планиметров. По этой причине прогнозирование с помощью математических моделей с использованием данных о размере листьев, полученных путем линейных измерений листьев, очень полезно в исследованиях [5].

Многочратно проводили разработку таких методов на различных сельскохозяйственных культурах, таких, как виноград [6], земляника [7], кукуруза [8], салат-латук [9] и томаты [10]. На огурце также было проведено множество исследований по разработке методик оценки листовой площади огурца в различных условиях. Так, Bozkurt и Keskin (2018) предложили уравнение прогнозирования площади листьев для различных уровней орошения [11]. Blanco и Folegatti (2005) в условиях различной солености и прививки для тепличных огурцов [12]. Cho и др. (2007) предложили уравнение прогнозирования изменения площади листьев с использованием длины, ширины листа, и значения уровня хлорофилла измеренного с помощью SPAD для огурцов, выращенных на гидропонике [13].

Материал и методы

Исследуемые растения выращивали в осеннем обороте на светокультуре (посев – 16.08.2022, посадка – 02.09.2022, первый сбор – 21.09.2022, ликвидация – 01.12.2022). Опыт проводили на 110 образцах гибридов F₁ селекции компании «Гавриш», в качестве контроля использовали гибриды иностранной селекции: F₁ Бьерн,

F₁ Валигора, F₁ Малахит, F₁ Муромец, F₁ Мева, F₁ Лоэнгрин. Растения выращивали в отапливаемых зимних остекленных теплицах на субстрате из минеральной ваты на шпалере с приспусканием, с использованием искусственного освещения (16 тыс. лк). На 1 м² располагали 2,4 растения, площадь учетной делянки – 2,5 м², расстояние между лотками 1,6-1,8 м, высота шпалеры на светокультуре 3,5 метра. Формирование растений вели в один стебель с приспусканием. На протяжении всей вегетации на растениях удаляли все боковые побеги, учеты проводили на главном побеге. Первый учет площади листьев проводили в фазу первого плодоношения растений 19.09.2022, второй учет – через 1,5 месяца после первого (08.11.2022).

На каждой делянке стандартно высаживали по 6 учетных растений, кроме того дополнительно на 30% делянок было высажено седьмое не учетное растение, которое предназначалось для удаления на разных этапах выращивания. С него срезали все листья, проводили измерения по каждому из них. Всего было обработано более 400 листьев, полностью все на 18 растениях. После создания математической модели для ее практического применения на каждой делянке описывали три растения из шести: обычно 1, 3 и 5. Если среди них было не типичное: с травмами, заломами, поражениями – его заменяли соседним. Одни и те же растения описывали в обоих учетах. Если какое-либо из них было травмировано в период между учетами, брали в работу соседнее. Среднее арифметическое параметров трех типичных растений на делянке использовали для вычисления площади листьев, характерное для данного генотипа.

Результаты исследований и их обсуждение

Первой задачей было определить способ точного измерения площади листа. Начали с весового метода. Для этого контур листа переносили на листовой материал (бумагу) с известной плотностью. Вырезали его и взвешивали. Далее вычислили, сколько весит каждый см². Использовали бумагу повышенной плотности: 1 дм² – 0,823 г или 1 см² – 8,2 мг. Точность наших аналитических весов (OHAUS PA214) составляла 0,1 мг, что соответствует площади в 0,012 см².

Следующим этапом оценили равномерность плотности бумаги по всей площади листа: Его разрезали на фрагменты по 120 см² с максимальной точностью ±0,2 мм. Перед взвешиванием их взаимно совместили, убедившись, что площади каждого точно совпадают друг с другом. Результаты представлены на рисунке 1: хорошо видно, что отклонения от среднего значения не превышают 2%.

1,01	1,00	1,01
1,00	1,00	1,00
1,01	1,01	0,99
1,01	1,00	0,98
1,00	1,01	0,98
1,00	1,01	0,99
1,02	1,02	0,98
0,98	1,00	1,00

Рис. 1. Относительная равномерность плотности бумаги для определения площади листьев. 1,00 = 823 мг/100 см²
Fig. 1. Relative uniformity of paper density for measuring leaf area. 1.00=823 мг/100 cm²

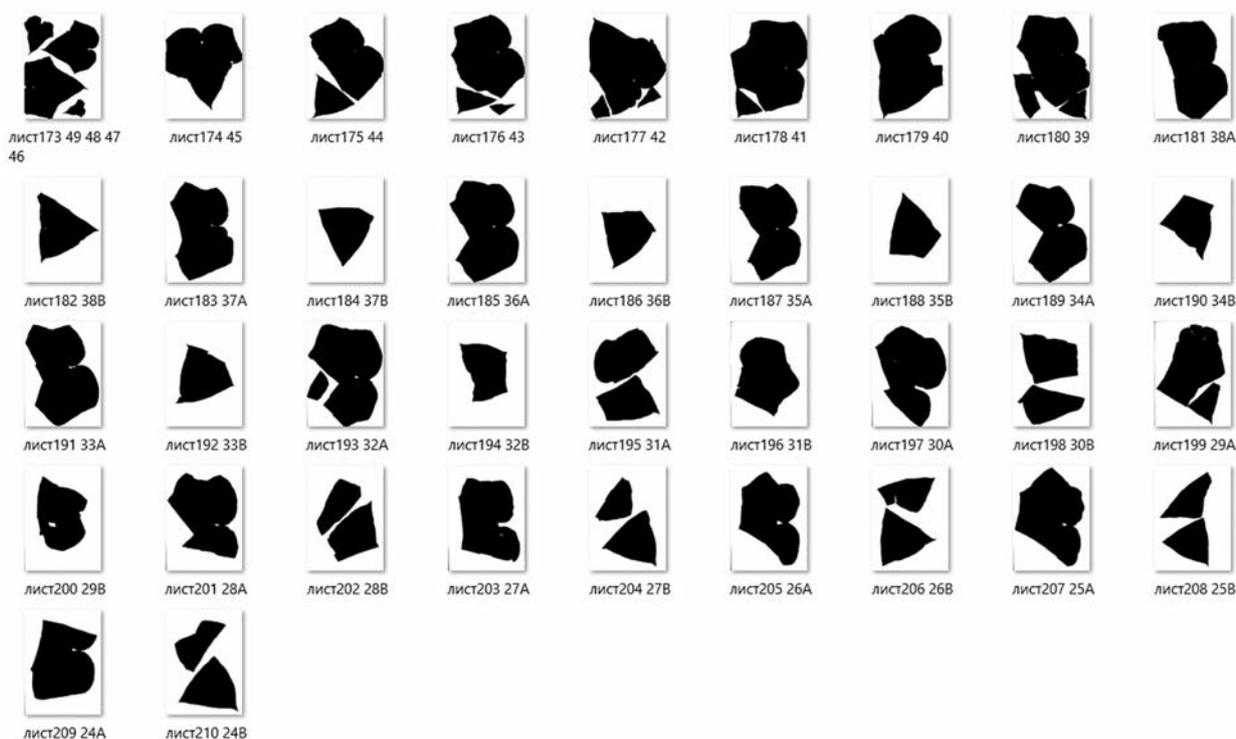


Рис.2. Сканированные фрагменты листьев одного растения. Всего 26 листьев
Fig. 2. Scanned fragments of leaves of one plant. 26 leaves in total

Поскольку каждый лист бумаги использовали для вырезания контура многократно (на большем контуре вырезали контур листа меньшего размера), учитывали возможную ситуацию, когда испарения из листа огурца пропитывают бумагу. При каждом переносе контура листа на бумагу под ним в центре помещали дополнительно контрольный листок из того же материала. Его взвешивали каждый раз перед взвешиванием очередного контура. Никаких достоверных изменений массы такого контроля даже при многократных повторях не обнаружили: лист растения не передавал влагу на бумагу в количествах, способных исказить получаемые данные.

Площадь листа рассчитывали по формуле:

$$S = m/P * 100 \quad (1);$$

где S – площадь листа в см^2 , m – масса его бумажного контура в мг, P – плотность дм^2 (100 см^2) в мг.

Например, масса бумажного контура в $m=2,354$ г соответствовала площади 286 см^2 при плотности $P=823 \text{ мг/дм}^2$, или при $m=4,956$ г – площади 602 см^2 .

Это относительно точный метод с ошибкой не более 2%, однако является довольно громоздким и трудоемким. Два человека обрабатывали 5 растений с общим количеством 130 листьев полный рабочий день. Поэтому испытали ещё и вариант со сканированием листьев на фото-сканере “EPSON Perfection V600 Photo”.

Сканирование проводили с параметрами: тип скана – «черно-белый»; разрешение – 100 dpi; размер окна 215,9x297,2 мм (полное по умолчанию). Полученные в формате «*.jpg» изображения, записывали в отдельную папку, с указанием даты сканирования, номера делянки и растения. Каждый лист нумеровали, и этот номер указывали в имени файла. Если размер листа

выходил за рамки окна сканера, отрезали выступающие части и помещали их на свободное место. Если и этого оказывалось недостаточно, разрезали лист пополам и обе половинки его сканировали отдельно: скан фрагментов одного листа записывали в двух файлах: № «А» и № «В».

На рисунке 2 показаны результаты сканирования 26 листьев одного растения. Такой подход ускоряет работу в 2-2,5 раза по сравнению с весовым методом.

Получение числовых значений площади листа можно проводить в любом графическом редакторе, имеющем необходимые инструменты. Мы использовали «Adobe Photoshop CS3». Для этого создается новый файл с размером холста 215,9x297,2 мм, как окно сканера и с разрешением 100 пикселей/см. Туда с помощью инструмента «Перемещение» вставляется необходимый файл. Далее инструментом «Трансформирование» границы этого файла точно совмещаем с границами холста файла «Нового». Все черные контуры выделяем инструментом «Быстрое выделение». Во вкладке «Гистограмма» используем режим «Расширенный просмотр». В графе «Источник» выбираем «Выделенный слой». После этих шагов следует «Обновить данные». Наконец, в графе «Пиксели» указано количество пикселей в выделенном фрагменте. Если отбросить последние четыре цифры, получаем его площадь в см^2 . При некотором опыте все эти операции вместе занимают всего 15-20 с – время определения площади одного листа.

На рисунке 3 видно, что оба метода практически полностью совпадают по сумме площадей всех листьев и по виду распределения площадей по растению. Все отклонения в сторону «+» полностью компенсированы отклонениями в сторону «-». Вычисленная с их помощью площадь каждого отдельного листа может отличаться до 12-15 см^2 , что не превышает 2%.

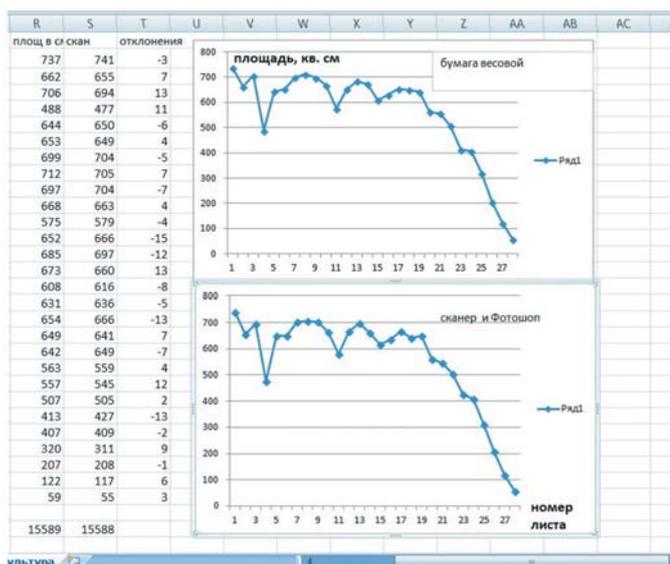


Рис.3. Сравнение площади листьев одного и того же растения, определенных бумажно-весовым способом и анализом скана листа в графическом редакторе
Fig. 3. Comparison of leaf areas of the same plant measuring by paper-weight method and by analysis of leaf scan into a graphic editor

Таким образом, использование сканера и графического редактора для определения площади листьев оказалось в 2-2,5 производительнее, чем бумажно-весовой метод при одинаковой 98% точности. Поэтому все остальные измерения мы проводили только с помощью сканера.

Следующим этапом нашей работы было определение связи площади листа с его линейными размерами (рис. 4), минимизировать её возможные искажения.

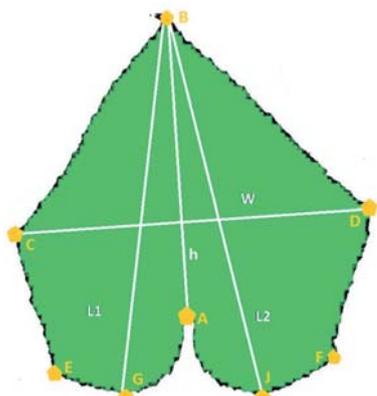


Рис.4. Линейные параметры листа, измеряемые при определении его площади. W- ширина, L - длина, h - длина центральной жилки. Жёлтым отмечены реперные точки
Fig. 4. Linear parameters of leaf, measured of its area. W - is the width, L - is the length, h - is the length of the central vein. Reference points are marked by yellow

Если измерение ширины листа (W – максимальное расстояние между его боковыми краями) не вызывала вопросов, то измерение длины многие авторы проводят по-разному. Одни измеряют расстояние от точки прикрепления черешка до верхушки, при этом не учитывается разнообразие нижних долей; другие – параллельно центральной жилке от края доли до верхушки, что не учитывает асимметрию листа. Однако асимметрия огуречного листа довольно часто присутствует и

порой достигает существенных величин. Поэтому мы производили два измерения от верхушки до вершин обеих долей: L_1 и L_2 . А длиной «L» считали среднее арифметическое между ними:

$$L = (L_1 + L_2)/2 \quad (2)$$

На выборке из более чем 400 листьев, принадлежавших 18 растениям, изучили изменчивость этих параметров и их связь с площадью листа. На рисунке 5 представлены четыре из 18 как иллюстрация закономерностей. Отмечено (на рис.5. пунктиром), что у всех огурцов в нашем опыте отношение L/W закономерно увеличивалось от 1,00 у старых листьев в низу растения до 1,20 у молодых на верхушке. Т.е. молодые листья более вытянутые. С возрастом листья становятся шире. При этом отмечали регулярные «провалы» этого коэффициента до 0,80 и даже до 0,60 у отдельных листьев. Они связаны с травмированием или сломом центральной жилки в процессе ухода. Тогда рост листа в длину резко затормаживается. Таких листьев отмечали в среднем по 2,2 шт. на каждое растение.

Коэффициент « L/W » – очень важный критерий на типичность листа, ведь в обсуждаемом методе центральное место занимает т.н. «наибольший лист» растения, и его параметры являются ключевыми. Он обязательно должен быть типичным. Поэтому, наибольшим листом, включенным в математическую модель, является лист с не только максимальными значениями L и W, но и его отношение L/W должно находиться в диапазоне 1,00-1,15. Если оно меньше 1,00 следует измерить и внести в модель соседний ему лист.

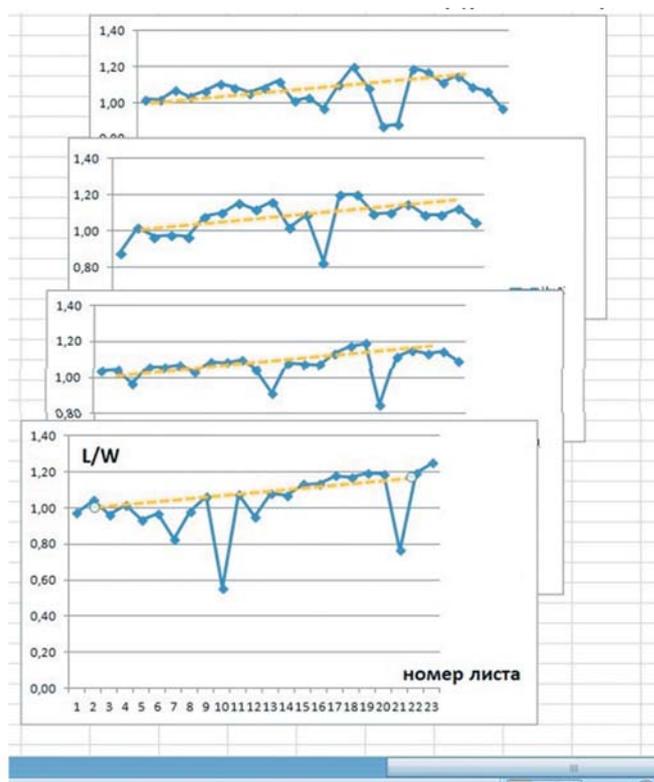


Рис.5. Изменение индекса листа огурца (соотношения L/W) на основном побеге растения. Пунктиром указан основной тренд: молодые листья более удлиненные
Fig. 5. A change in the cucumber leaf index (L / W ratio) along the main stem of the plant. Young leaves are more elongated

Следующий этап создания методики массового определения площади листьев заключался в изучении связи линейных параметров листа и его площади. Для этого изучили изменчивость коэффициента $P=L*W/S$ (3), отношение произведения длины на ширину листа к его площади. С его помощью возможно вычислять площадь по длине-ширине листа. Этот коэффициент выбран из множества предложенных разными авторами вариантов связи площади листа и его линейных параметров [11,12,13], включающих множественную регрессию, квадраты величин отдельных параметров и т.д. Выбор основан на том, что и W и L имеют свою независимую изменчивость, исключение любого из них увеличивает разброс и отклонения математической модели от фактических данных, а их произведение сохраняет всю эмпирическую информацию о форме листа. К тому же длина листа « L » у разных авторов измеряется по-разному и обозначает не одно и то же.

Как видно из рисунка 6, на котором приведены пять растений из 18, данный коэффициент « P » в целом колеблется в диапазоне 1,40-1,60 кроме 3-4 верхних, самых молодых, листьев, где он может достигать величин до 1,7 и даже до 1,9. Более того, около 75% всех листьев имеют этот параметр в более узком диапазоне 1,45-1,57. Наиболее интересует величина этого коэффициента у самых крупных листьев на всех 18 проанализированных растениях. Она составила от 1,48 до 1,52, в среднем 1,49.

Было бы заманчивым отыскать связь между коэффициентами « L/W » и « $P=L*W/S$ », чтобы не довольствоваться средним значением последнего 1,49, а с помощью первого выбирать более точное значение из диапазона 1,48-1,52 для каждой конкретной ситуации. Однако такой

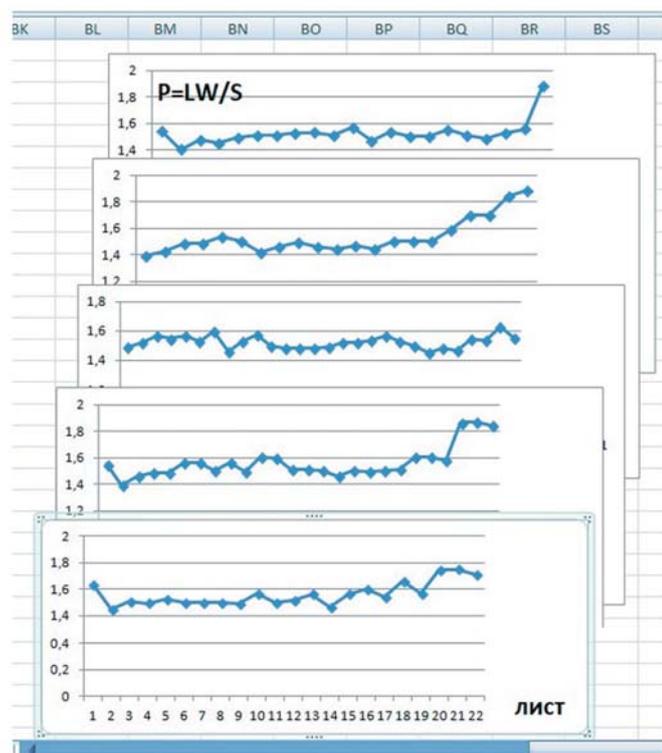


Рис.6. Изменчивость коэффициента $P = L*W/S$ на основном побеге у отдельных растений
Fig. 6. Variability of the coefficient $P = L*W/S$ along the main stem in individual plants

связи обнаружить не удалось. На рисунке 7 отображено взаимное расположение обоих коэффициентов в двумерном поле у всех измеренных листьев. Видно, что генеральная средняя $P=1,51$, но если рассматривать только типичные листья в указанных рамках, то $P=1,49$, если еще сузить рамки до $1,00 < L/W < 1,05$, в которых находятся большинство самых крупных листьев, то $P=1,48$.

Из этого следует, что наиболее предпочтительно использовать $P=1,48-1,49$ при расчете площади листа по

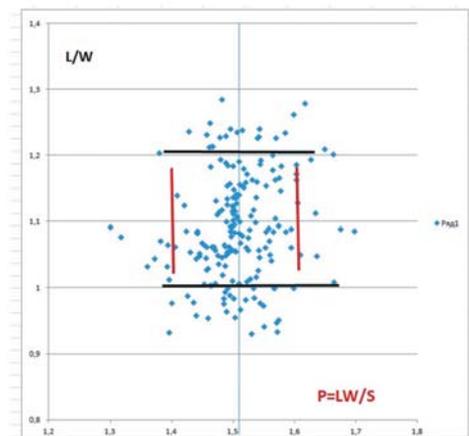


Рис.7. Взаимное расположение коэффициентов формы « L/W » и площади « $P=L*W/S$ » листьев огурца. Цветными штрихами отмечены границы обычного варьирования величин коэффициентов у типичных листьев
Fig. 7. The relative position of the coefficients of the shape "L/W" and the area "P=L*W/S" of cucumber leaves. Color lines mark the borders of the usual variation in the values of coefficients in typical leaves

его линейным параметрам в общем случае, или ориентироваться на параметры растений обучающей выборки в каждом конкретном опыте.

Различные авторы применяли разные подходы для расчета площади листа у огурца по его линейным параметрам. Для корректного сравнения их формул друг с другом обозначения в них унифицировали следующим образом: S – площадь листа; W – его ширина; h – длина центральной жилки, L – длина листа с учетом нижних долей.

Bozkurt и Keskin (2018) подтвердили преимущество использования длины и ширины листа не по отдельности, а совместно [11]. Наибольшую точность расчётной и фактической площади они достигли при использовании формулы:

$$S = -2.8849 + 0.5023*(W)^2 + 0.2474*(h)^2 \quad (4)$$

Американские ученые Robbins и Pharr (1987) разработали модели определения площади листа огурца, в различных условиях выращивания. Была отмечена необходимость постоянного уточнения модели для конкретных условий [14]. Самой точной их моделью была:

$$S = 14.61 - 5.0(h) + 0.94(h^2) + 0.47(W) + 0.63(W^2) - 0.62(h \times W) \quad (5)$$

Индийские ученые Mahesh Chand Singh (2018) постарались связать параметры растений и площадь через уравнение регрессии [15]:

$$S = 0.004094(192.684(hh/100) + (hW/100) - 1) \quad (6)$$

Корейский ученый Y. Cho (2006) занимался моделированием изменения площади листьев в процессе их роста [13]. Для определения индивидуальной площади листа использовал регрессионное уравнение:

$$S=0,849 \cdot hW-29,96 \quad (7)$$

В 2003 году бразильские ученые разрабатывали новый метод определения площади листьев для оценки привитых и не привитых растений. Ими была выбрана формула

$$S=0,85 \cdot (hW) \quad (8),$$

которая отражает те же отношения, что и наша формула (3), но с противоположной позиции [12].

Для сравнения разных математических моделей вычисления площади листьев по их линейным размерам, часть растений с наибольшим количеством листьев описали более подробно: кроме обсуждаемых длины (L) и ширины (W), измеряли также и длину центральной жилки (AB=h) от точки прикрепления черешка до верхушки листа. Каждый лист сканировали (столбец 1 табл. 1), и затем по его линейным размерам вычисляли теоретическую площадь.

Для сравнения мы взяли наиболее часто используемые формулы от (Cho, 2007) и (Bozkurt и Keskin, 2018) [11, 13].

Модель 1 основана на нашей формуле $S=WL/P$, где $P=1,45$. Модель 5 – взята нами из публикации (Cho, 2007) [13], где $S=0,849 \cdot hW-29,96$. Она основана на вычислении параметров (a и b) линии регрессии $S=a \cdot hW+b$ на обучающих выборках. Модель 4 взята из публикации (Bozkurt и Keskin, 2018) [11], которые оценили ее как наиболее точную из всех ими испытанных: $S=W^2 \cdot 0,5023+h^2 \cdot 0,2474-2,8849$. В ней применена множественная регрессия. Математика, обычно недоступная обычным агротехническим опытам.

Модель 3 получена нами из Модели 5. Стандартный подход, но на собственной обучающей выборке: $S=0,8927 \cdot hW-17,887$. Видно, что коэффициенты a и b этих моделей отличаются, но не принципиально. Наконец, Модель 2 получена из Модели 3 путем замены параметра «h» на параметр «L» на той же самой обучающей выборке: $S=0,682 \cdot LW+0,2722$. Поскольку «L» всегда значительно больше «h» на 20-25%, то и коэффициент регрессии a заметно уменьшился. Еще более уменьшился свободный член b от -30,0 и -18,0 почти до нуля. Модели пронумерованы и расположены по степени сходства с эталонными значениями площадей листьев в столбце 1.

Таблица 1 наглядно показывает, что Модель 1 определения площади листьев наиболее из всех близка к эталону: сумма отклонений от него по всей выборке составила всего -0,03, что дало среднее отклонение равное 0,00. Максимальное отклонение равно 0,07. Следующей идет Модель 2 с суммой отклонений 0,28 (в 10 раз больше, чем у Модели 1) и средним отклонением 0,01. Максимальные отклонения их практически равны: 0,07 и 0,08. Зато сопоставление моделей 2 и 3 наглядно показывает большую информативность параметра «L» относительно «h», поскольку он, в отличие от второго, учитывает и разнообразие нижних долей огу-

речного листа: сумма отклонений в пять, а среднее отклонение в 4 раза больше у Модели №3. Также и её максимальное отклонение вдвое превышает таковое у Модели 2. Модель 4 с квадратами параметров действительно более эффективна, чем стандартное уравнение регрессии в Модели 5. Однако обе модели 4 и 5 далеко отстают от моделей 1, 2, 3 по уровню соответствия эталону. Причина не в менее адекватной математике, а в том, что их обучающие выборки были сформированы совсем на другом материале, генетически отличном от нашего. Хорошо видно, что все отклонения в Моделях 4 и 5 происходят в сторону «+». Т.е. эталонные площади системно больше расчетных, по этим моделям. Это происходит потому, что у используемых авторами сортов листья были менее округлыми: у нашего материала край листа между реперными точками (рис.4) CE, DF, EG, FJ представляет практически прямую линию (лист более угловатый), а у их – вогнутую дугу. Эта дополнительная для них площадь составляет 10-12%. Введение поправок от «+9%» до «+12%» в случаях с формулами (4) и (7) приводит к очень хорошему соответствию эталону, когда сумма отклонений стремится к нулю.

Из этого видно, что линейные размеры листа – это расстояния между реперными точками, которые не чувствительны к изменчивости края между ними: выпуклый он, ровный или вогнутый. Рис.4. создан на базе реального скана типичного листа нашего материала и край там практически ровный. Это справедливо только для наших генотипов в наших конкретных условиях. В других условиях и/или для других генотипов лист огурца может быть как более округлым, так более вогнутым (площадь меньше до 13%). Это приводит к тому, что даже в одинаковых формулах числовые коэффициенты будут отличны. Они должны вычисляться под каждую конкретную ситуацию, а не использоваться одинаково во всех случаях.

В таблице 1 представлено сопоставление моделей и по количеству листьев с более точным прогнозом площади (с меньшим отклонением) по сравнению с Моделью 1: так дробь 21/7 указывает, что 21 лист был определен Моделью 1 более точно, чем Моделью 2; и 7 листьев более точно вычислены по Модели 2. Соответственно дробь 32/3 указывает, что 32 листа были определены Моделью 1 более точно, чем Моделью 4, и только 3 листа (из 36) Модель 4 предсказала лучше первой.

Существует еще множество математических моделей, связывающих площадь листьев и их линейные размеры, в том числе и с использованием логарифмов, однако их эффективность не выше наших Моделей 1 и 2. Из этого следует два базовых вывода:

Первый: любая обучающая выборка для создания математической модели должна быть максимально приближена по всем характеристикам к описываемому экспериментальному материалу. Нет более «правильных» формул, есть более точные числовые коэффициенты в этих формулах. Этот вывод подтвержден Роббинсоном и Фарром (1987), которые также отмечали необходимость постоянного уточнения модели для конкретных условий [14].

Второй: длина листа более точно отражает форму и площадь листа, если учитывает и его нижние доли, их асимметрию. Иначе: параметр « $L=(L_1+L_2)/2$ » более

Таблица 1. Сравнительная эффективность математических моделей определения площади листа огурца по его линейным размерам
Table 1. Comparative effectiveness of mathematical models for measuring area of a cucumber leaf by its linear dimensions

№ пп	Эталон	Модель 1		Модель 2		Модель 3		Модель 4		Модель 5	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	площадь, см ²	площадь, см ²	отклонение								
1	549	540	0,02	534	0,03	488	0,11	472	0,14	451	0,18
2	739	751	-0,02	743	-0,01	689	0,07	687	0,07	642	0,13
3	710	684	0,03	677	0,05	646	0,09	622	0,12	602	0,15
4	764	728	0,05	720	0,06	668	0,13	654	0,14	622	0,19
5	781	751	0,04	743	0,05	689	0,12	687	0,12	642	0,18
6	795	774	0,02	765	0,04	748	0,06	711	0,11	698	0,12
7	700	728	-0,04	720	-0,03	668	0,05	654	0,07	622	0,11
8	795	774	0,03	765	0,04	741	0,07	732	0,08	692	0,13
9	689	683	0,01	675	0,02	625	0,09	592	0,14	581	0,16
10	645	641	0,00	635	0,02	625	0,03	592	0,08	581	0,10
11	689	684	0,01	677	0,02	646	0,06	622	0,10	602	0,13
12	690	683	0,01	675	0,02	678	0,02	616	0,11	632	0,08
13	610	641	-0,04	635	-0,04	652	-0,07	604	0,01	607	0,00
14	614	599	0,02	592	0,04	607	0,01	546	0,11	564	0,08
15	643	640	0,00	633	0,02	655	-0,02	587	0,09	610	0,05
16	644	662	-0,02	655	-0,02	678	-0,05	616	0,04	632	0,02
17	629	599	0,05	592	0,06	582	0,08	533	0,15	541	0,14
18	630	662	-0,04	655	-0,04	652	-0,03	604	0,04	607	0,04
19	622	640	-0,02	633	-0,02	629	-0,01	574	0,08	586	0,06
20	599	620	-0,03	613	-0,02	578	0,04	550	0,08	536	0,10
21	523	521	0,00	516	0,01	512	0,02	483	0,08	474	0,09
22	396	397	0,00	392	0,01	393	0,01	362	0,09	361	0,09
23	498	521	-0,04	516	-0,04	512	-0,03	483	0,03	474	0,05
24	467	466	0,00	461	0,01	451	0,03	420	0,10	416	0,11
25	396	397	0,00	392	0,01	393	0,01	362	0,09	361	0,09
26	400	412	-0,02	408	-0,02	434	-0,08	383	0,04	400	0,00
27	333	348	-0,04	344	-0,03	338	-0,02	308	0,08	309	0,07
28	345	349	-0,01	345	0,00	355	-0,03	330	0,05	325	0,06
29	233	248	-0,05	246	-0,06	239	-0,03	223	0,04	215	0,08
30	290	303	-0,04	300	-0,03	286	0,02	270	0,07	259	0,11
31	215	199	0,07	197	0,08	182	0,15	174	0,19	160	0,25
32	179	176	0,02	174	0,03	170	0,05	159	0,12	148	0,17
33	133	134	-0,01	133	0,00	110	0,17	112	0,16	91	0,31
34	98	91	0,06	90	0,07	80	0,18	83	0,15	63	0,35
35	88	91	-0,03	90	-0,03	80	0,09	83	0,06	63	0,28
36	61	62	-0,01	62	-0,01	54	0,11	58	0,05	39	0,36
		ср. отклонение	0,00		0,01		0,04		0,09		0,13
		сумма отклонений	-0,03		0,28		1,48		3,26		4,63
		макс. отклонение	0,07		0,08		0,18		0,19		0,36
		Модели			21/7		28/7		32/3		33/2

Таблица 2. Параметры растений обучающей выборки
Table 2. Parameters of plants for the training sample

№ пп	Количество листьев, шт.	Наибольший лист					Листовая поверхность растения S_p , см ²
		W, См	L, см	L/W	фактическая площадь S , см ²	$P=W/L/S$	
1	25	34,5	37,5	1,09*	924	1,40	15662
2	22	31	33,5	1,08*	694	1,50	10446
3	24	37	38,2	1,03*	993	1,42	16298
4	23	31	33	1,06*	735	1,39	11401
* - типичный лист, попадает в диапазон L/W 1,00-1,15						ср. 1,43	

информативен, чем обычно используемый «h» – длина центральной жилки.

Теперь, когда основные связи параметров листа и растений установлены, можно приступать к созданию математической модели площади листовой поверхности. Одновременно с массовым учетом, когда на 110 делянках описываются по 3 растения: на каждом подсчитывается количество листьев и параметры его самого большого листа – его длина, ширина и (желательно, но не обязательно) номер; берем не менее пяти типичных растений из числа «седемых», неучётных, для создания обучающей выборки. Если не получается одновременно, то взятие их нужно осуществить не более, чем за два дня до или после учета. Желательно, чтобы количество листьев у них было разным, и охватывало весь диапазон в границах учета.

У этих растений отделяем все листья, нумеруем их, определяем площадь каждого (любым из доступных методов), выявляем самый крупный. У него дополнительно кроме площади и номера измеряем длину и ширину, проводим тест на типичность (табл. 2):

В таблице 2 фигурируют лишь четыре растения из пяти. Дело в том, что пятое признано не типичным из-за чрезвычайно малого количества листьев (17 вместо 22-25) и аномально большой разницы наибольшего листа

по сравнению с соседним. Обычно эта разница не превышает 2-4%, тут же доходила до 49%. На рис.8 хорошо видны отличия типичных распределений от нетипичного. Поэтому пятое растение исключено из процесса построения математической модели распределения площадей.

Для объединения данных растений с типичными распределениями площадей в единую модель провели их нормировку: у каждого номер листа заменили на частное: номер разделили на количество листьев. Например, 5й лист при 25 учетных листьях имел нормированный номер $n=5:25=0,20$. Теперь у всех растений верхний лист имеет номер 1,00, а все остальные соответствующую долю от единицы. Также поступили с площадями каждого листа: их разделили на площадь наибольшего из них. Теперь площадь каждого наибольшего листа равна единице, а все остальные – доле от него. Нормированные данные легко объединить в единую модель путем прямого суммирования (рис.9).

Совокупность (сумма) всех типичных распределений и является математической моделью распределения площадей листьев на растении. Формула ее тренда позволяет найти площадь любого листа по его номеру:

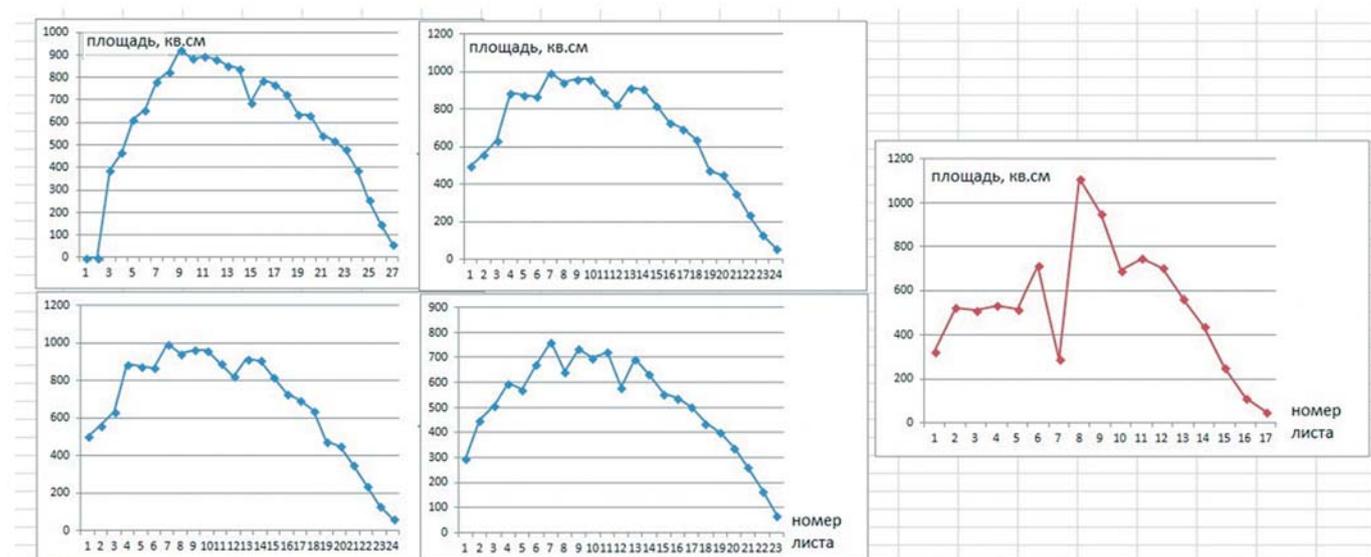


Рис.8. Типичные (слева) и нетипичное (справа) распределения на растении листовой поверхности обучающей выборки
Fig. 8. Typical (left) and atypical (right) leaf area distributions of the training sample

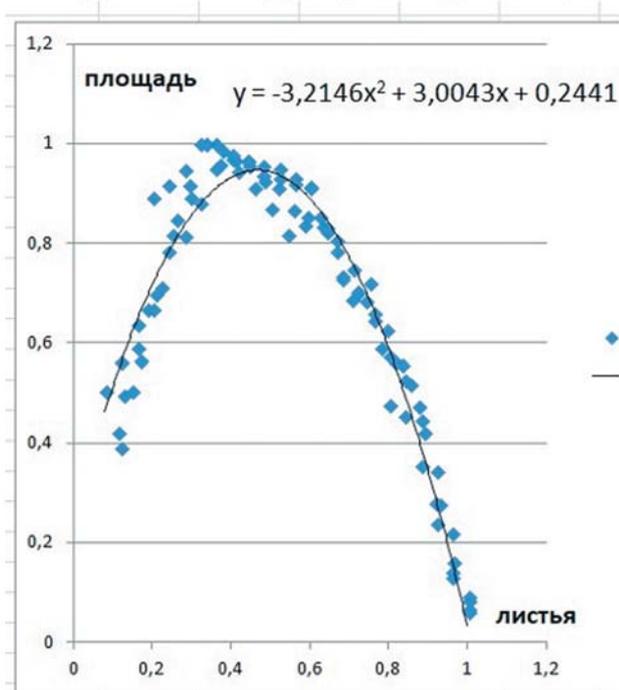


Рис.9. Модель нормированного распределения площади листьев по данным обучающей выборки
Fig. 9. The model of the leaf areas distribution according to the training sample data

$$S = -3,2146 \cdot n^2 + 3,0043 \cdot n + 0,2441 \quad (9),$$

где S – площадь; n – номер листа относительно диапазона 0,00-1,00.

Например, на типичном растении 25 листьев. Шаг считывания формулы (9) составит $1/25 = 0,04$. Итак, для первого листа $n = 0,04$. По формуле его площадь составит 0,36 частей площади наибольшего листа (ПНБЛ). Для пятого листа $n = 5 \cdot 0,04 = 0,20$ и его площадь $S = 0,72$ ПНБЛ; для 12-го $n = 12 \cdot 0,04 = 0,48$ и $S = 0,95$ ПНБЛ, для 20-го $n = 0,80$ и $S = 0,59$ ПНБЛ; наконец, для 25-го $n = 1,00$ и $S = 0,03$ ПНБЛ. Выписав таким образом площади всех листьев и просуммировав их, мы получаем значение листовой поверхности всего растения. Оно составляет $Sp = 16,74$ ПНБЛ. Сравним его с фактическими данными (из табл.2) $Sp = 15662/924 = 16,95$ ПНБЛ. Разница с математической моделью составляет всего лишь 1,2%.

Соответственно шаг считывания для растения с 20 листьями $1/20 = 0,05$, для 21 – 0,048; для 22 – 0,045, для

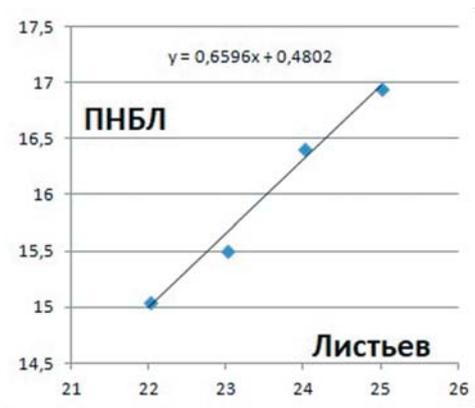


Рис.10. Зависимость площади листовой поверхности растения огурца (в единицах ПНБЛ) от количества листьев на нем
Fig. 10. The dependence of the leaf area of the cucumber plant (in units of PNBL) from the number of leaves on it

23 – 0,043 и для 24 листьев – 0,0417. Этого достаточно, чтобы просчитать площадь листовой поверхности для любого растения с типичным распределением.

Однако есть и более короткий, хотя и менее точный, путь. Наша обучающая выборка была очень удачно подобрана так, что охватывала почти все основные случаи описываемого материала: растения с листьями от 22 до 25. Для каждого из них рассчитаем площадь листовой поверхности в единицах ПНБЛ: 22 – 15,05; 23 – 15,51; 24 – 16,41 и 25 – 16,95. Графическое построение демонстрирует нам достаточно чёткую линейную зависимость (рис.10) этих величин.

Приведенная формула (10) служит основой применения математической модели распределения площадей листьев на растениях.

$$Sp = N \cdot 0,6596 + 0,4802 \quad (10)$$

где Sp – листовая поверхность в единицах ПНБЛ, N – количество листьев на растении.

Сравним соответствие математической модели эмпирическим данным (табл.3) и этим продемонстрируем алгоритм практического применения обсуждаемого метода:

Итак, для каждого растения считаем количество листьев и измеряем длину с шириной наибольшего типичного листа – «нбл» (столбцы 1, 2 и 3 в таб.3). Для растений обучающей группы дополнительно

Таблица 3. Соответствие математической модели распределения площади листьев фактическим данным
Table 3. Accordance of the mathematical model of the distribution of the leaf area to the actual data

Количество листьев N, шт.	W нбл, см	L нбл, см	S нбл, см ²	Площадь листовой поверхности, см ²	ПНБЛ, шт.	ПНБЛ, шт.	S нбл, см ²	Площадь листовой поверхности, см ²	см ²	%%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	31	33,5	694	10446	15,05	14,99	726	10887	-441	-4,22%
23	31	33	735	11401	15,51	15,65	715	11196	205	1,79%
24	37	38,2	993	16298	16,41	16,31	988	16121	177	1,08%
25	34,5	37,5	924	15662	16,95	16,97	905	15353	309	1,97%

* – цветом выделены измеренные данные; нбл – наибольший лист; ПНБЛ – площадь наибольшего листа

измеряем площадь наибольшего листа и всю листовую поверхность (столбцы 4 и 5). Данные столбца 6 получены из столбцов 4 и 5 и послужили основой выведения формулы (10). При ее использовании аргументом были данные колонки 1, а результаты представлены в столбце 7. Для получения данных столбца 8 использовали отношение произведения столбцов 2 и 3, к коэффициенту $P=1,43$ из таблицы 2. Конечный результат, листовая поверхность растения (столб. 9), получается перемножением столбцов 7 и 8. Отклонения математической модели (столб. 9) от фактических данных (столб. 5) в абсолютных величинах кв.см и в процентах представлены соответственно в столбцах 10 и 11. Величина таких отклонений не превышает 5%. Можно также сравнить данные столбцов 6 и 7. Их отличия находятся в пределах от 0,1% до 0,9%. Разница между данными в столбцах 4 и 8 по площади наибольшего листа колеблется от 0,4% до 4,6%.

Подводя итог сравнению всех параметров математической модели с фактическими данными, можно утверждать, что она с высокой степенью точности отражает реальные распределения площадей листьев по растениям. Это, конечно, касается только растений с типичными распределениями, и таких мы наблюдали более 90% при первом учете среди 110 делянок (всего просмотрено более 700 растений). Отклонения от типичности практически всегда бывали в меньшую сторону (меньше листьев, меньшие площади и т.д.). Они были вызваны в основном травмами растений при уходных работах по уходу (сломаны верхушки – отросли боковые побеги, перекручены и надломлены стебли или черешки и т.д.). Таким образом, чтобы объективно и довольно точно описать площадь листовой поверхности 330 учетных растений (один день работы для двух человек) нам понадобился детальный анализ лишь пяти растений обучающей выборки,

которые относились к неучетной группе, и которых всего было высажено около 50 шт. Определение площади их листьев (два человека на пол дня) и расчет параметров математической модели (один сотрудник на пол дня) позволяют говорить о высокой производительности предлагаемого подхода.

Мы провели проверку предлагаемой методики на том же материале, но в другую, более позднюю, фазу производственного цикла. Через полтора месяца растения пережили несколько фаз приспускания, количество сформированных узлов достигло 60-65 шт. Нижние листья (от 35 до 42 шт.) и боковые стебли были удалены, живых работающих листьев на каждом растении было от 22 до 27.

Пять растений обучающей выборки для формирования модели были изъяты и детально описаны: измерены площадь каждого листа и дополнительно длина и ширина наибольшего из них. Измерения проводили с помощью сканера и анализа в графическом редакторе, согласно вышеописанным процедурам. Распределения площадей листьев по растениям (рис. 11) кардинально отличались от распределений первого учета:

У 10-12 листьев от верхушки (зона роста) шло равномерное увеличение размеров. Далее к низу (зона плодов) наблюдали «турбулентность» – резкие колебания графиков с множеством пиков и провалов, бессистемных и хаотичных. Считаем, что причиной этому могли быть нагрузки на лист, вызванные плодоношением: формирование зеленца затормаживало рост листа, уборка плодов порождала пики.

Нормированные распределения вместе сформировали следующую модель (рис. 12):

В зоне листа 0,6-1,0 (зона роста) все графики хорошо совпадают и зависимость площади листа от его номера ясна и понятна. Зато в зоне 0,0-0,6 (зона плодоношения) имеющаяся «турбулентность» заметно иска-

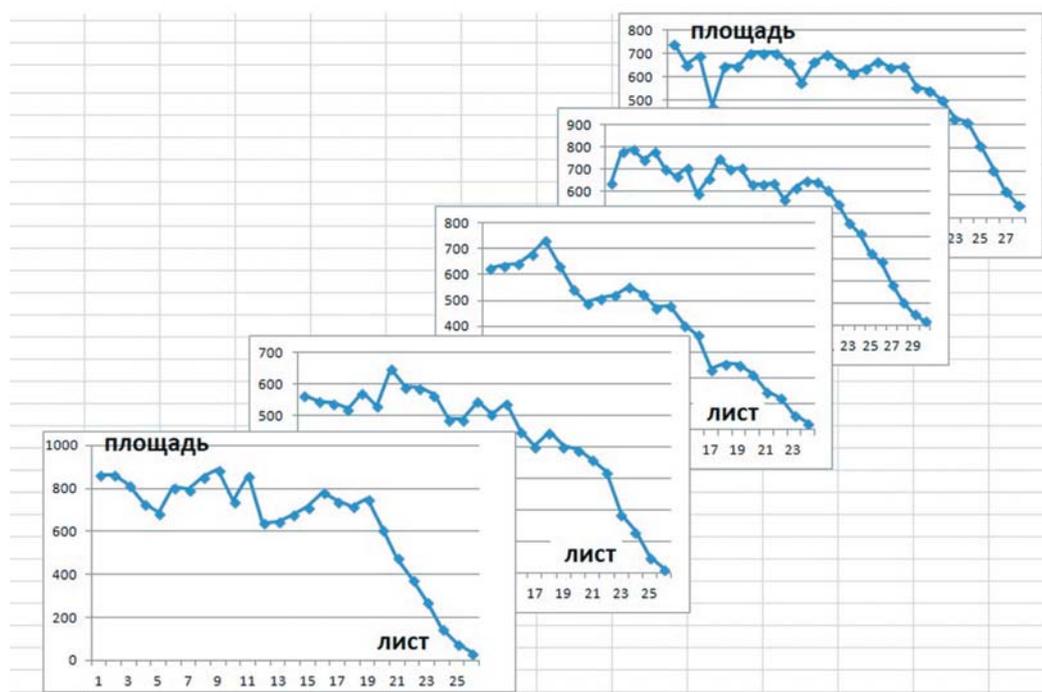


Рис. 11. Распределения площадей листьев у растений обучающей группы
Fig. 11. Distribution of leaf areas in plants of the training group

жает основную квадратичную линию тренда: она проходит явно выше середины эмпирических точек в районах 0,2-0,6 и 0,8-1,0; и ниже в районе 0,6-0,8. Возможно, построить альтернативную кривую на основе визуальных оценок или заменить квадратичную зависимость комбинацией двух линейных: одна для диапазона 0,0-0,7, другая – для диапазона 0,7-1,0 как показано на рис.12 синими линиями. Однако оба варианта страдают субъективностью, отсутствием четких критериев типичности имеющихся данных.

Поэтому мы вернулись к варианту регрессии количества листьев и листовой поверхности в единицах ПНБЛ. В том случае, если бы такой подход завышал данные в зоне «турбулентности», можно было бы ввести поправочный коэффициент. Параметры обучающей выборки представлены в таблице 4.

Все пять растений по пропорциям их наибольшего листа (столб. 3 и 4) соответствуют критерию типичности, т.е. он выбран правильно (столб. 5). Коэффициент $P=WL/S=1,49$ (столбец 7), связывающий размеры и форму листа, полностью соответствовал предварительным исследованиям, т.к. в фазе второго учета листья были уже полностью сформированными, тогда как во время первого учета на молодых листьях он был занижен до уровня $P=1,43$. Однако листовая поверх-

ность в единицах ПНБЛ (столб. 9) показала, что третье растение с максимальным количеством листьев – 30, не может быть отнесено к типичным, т.к. его параметры (21,06 ПНБЛ) ниже таковых у первого растения с 28 листьями (22,11 ПНБЛ). Дальнейший ход анализа подтвердил правильность этого вывода: среди оцениваемых растений не было ни одного с 30 листьями. Максимальное количество листьев было 29. Данное нетипичное растение отличалось от остальных усиленным ростом при малых размерах листьев в среднем.

Линия регрессии параметров из столбцов 2 и 9 представлена на рис.13:

Полученная из неё формула (11) легла в основу математической модели второго учёта.

$$Sp=N*2,0067-34,072 \quad (11);$$

где Sp – листовая поверхность в единицах ПНБЛ, N – количество листьев на растении.

Как и в первом учете, провели проверку соответствия этой модели фактическим данным измерения растений.

Сначала данные столбца 1 подставили в формулу (11) и полученные результаты занесли в столбец 7. Далее данные столбцов 2 и 3 перемножили и раздели-

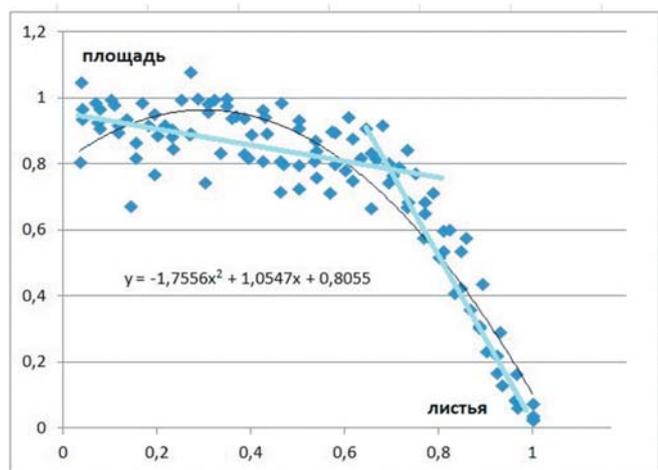


Рис. 12. Модель распределения площади листьев по данным обучающей выборки. Второй учет (08.11.2022). Голубым отмечены альтернативные линии тренда
Fig. 12. A model of the distribution of leaf areas according to the training sample data. Second accounting. Alternative trend lines are marked in blue

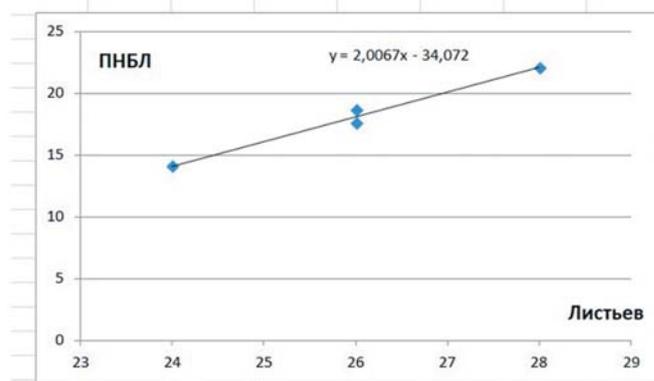


Рис. 13. Зависимость листовой поверхности растения огурца (в единицах ПНБЛ) от количества листьев на нем. Второй учёт (08.11.2022)
Fig. 13. The dependence of the leaf area of the cucumber plant (in units of PNBL) from the number of leaves on it. Second accounting

Таблица 4. Параметры обучающей выборки, 2й учёт
Table 4. Parameters of the training sample, 2nd accounting

№ пп	Количество листьев N, шт.	Ширина нбл W, см	Длина нбл L, см	L/W	Площадь нбл S, см ²	P= WL/S	Площадь листовой поверхности	
							в см ²	в ПНБЛ, шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	28	31	33,5	1,08*	705	1,47	15588	22,11
2	26	36	38	1,06*	929	1,47	17325	18,65
3	30	33,5	36	1,07*	822	1,47	17314	21,06**
4	24	33	35,7	1,08*	765	1,54	10774	14,08
5	26	30,5	33	1,08*	677	1,49	11895	17,57
				*-типичное		Ср-1,49		** - не типичное

нбл – наибольший лист; ПНБЛ – площадь наибольшего листа

Таблица 5. Соответствие математической модели распределения площади листьев фактическим данным. Второй учет (08.11.2022)
Table 5. The correspondence of the mathematical model of the distribution of the leaf area to the actual data. Second accounting (08.11.2022)

Фактические данные						Рассчитано по модели			Отклонения	
Количество листьев N шт.	W нбл, см	L нбл, см	S нбл, см ²	Площадь листовой поверхности, см ²	Площадь листовой поверхности в ПНБЛ	Площадь листовой поверхности в ПНБЛ	S нбл см ²	Площадь листовой поверхности, см ²	см ²	%%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	33	35,7	765	10774	14,08	14,09	791	11140	-366	-3,4%
26	36	38	929	17325	18,65	18,10	918	16620	705	4,1%
26	30,5	33	677	11895	17,57	18,10	676	12228	-333	-2,8%
28	31	33,5	705	15588	22,11	22,12	697	15414	174	1,1%

* - цветом выделены измеренные данные; **нбл** – наибольший лист; **ПНБЛ** – площадь наибольшего листа.

ли на коэффициент 1,49 (из табл. 4, столб. 7) и внесли в столбец 8. Данные столбца 9 получили перемножением столбцов 7 и 8. Сравнение по конечному результату (столб. 5 и 9) показывает такую же высокую степень соответствия модели фактическим данным, как и в первом учёте: отклонения до 4%.

Как и предполагали, модель несколько завышает данные столбца 9 из-за «турбулентности» в зоне листьев 0,0-0,6. Однако это завышение составляет всего лишь 45 кв. см. на каждое растение или 0,3%. Мы сочли такое искажение совершенно незначительным при уровне статистических колебаний до 5%, чтобы вводить дополнительную поправку.

Таким образом, предлагаемый подход демонстрирует высокую эффективность в обоих учётах для типичных растений огурца, хотя типы распределений площадей листьев и соответствующие им формулы математических моделей там были совершенно разные. Однако уровень типичности исследуемого материала со временем понижается, т.к. новые и новые растения подвергаются травмам в процессе ухода и сбора урожая.

Мы оцениваем степень типичности материала во втором учёте в 80-85%, что на 5-10% меньше, чем было в первом.

Всего на двух учётах было практически описано 660 растений; а для составления двух математических моделей нам пришлось дополнительно вырастить и потратить 10 растений для обучающих выборок. Однако обучающая выборка может быть собрана за ± 2 дня до или после учёта. Поэтому в предельном случае (максимальный охват для одного звена) для пяти дней одного учёта (это около 2500 растений) достаточно лишь одной обучающей выборки, т.е. дополнительно вырастить 5 растений, или всего 0,2% учетного материала. Учетные же растения не подвергаются никаким воздействиям, их листовой аппарат продолжает развиваться и функционировать свободно.

Авторы статьи специально изложили ход использования предлагаемого подхода максимально подробно с пошаговой детализацией. Надеемся, что это поможет легко применить его всем заинтересованным исследователям.

Об авторах:

Алексей Викторович Курепин – заведующий лабораторией селекции тыквенных культур, автор для переписки, kuralek@mail.ru
Александр Федорович Першин – канд. биол. наук, заведующий лабораторией биотехнологии, afpershin@mail.ru
Валерий Николаевич Муляр – научный сотрудник лаборатории селекции тыквенных культур, mulyarvalerii@mail.ru
Маргарита Константиновна Белова – студентка агрономического факультета КУБГАУ, belovamargo@list.ru

About the Authors:

Aleksey V. Kurepin – Head of the Pumpkin Crops Breeding Laboratory, Corresponding Author, kuralek@mail.ru
Alexander F. Pershin – Cand. Sci. (Biology), Head of Laboratory of Biotechnology, afpershin@mail.ru
Valery N. Mulyar – Researcher, Laboratory of Pumpkin Crops Breeding, mulyarvalerii@mail.ru
Margarita K. Belova – student of the Faculty of Agronomy of KUBGAU, belovamargo@list.ru

• Литература / References

- Kanemasu E.T., Asrar G., Fuchs M. Application of remotely sensed data in wheat growth modelling. In: *Wheat Growth and Modelling*. 1985;(86):357-369. Day W. and R.K. Atkin (Eds.). NatoAsi Series, Series A: Life Sciences. Springer, Boston MA.
- Kandiannan K., Kailasam C., Chandaragiri K.K., Sankaran N. Allometric model for leaf area estimation in black pepper (*Piper nigrum* L.). *J. Agric. Crop Sci.* 2002;(188):138-140.
- Lawlor D.W. Photosynthesis, productivity and environment. *J. Exp. Bot.* 1995;(46):1449-1461.
- Guo D.P., Sun Y.Z. Estimation of leaf area of stem lettuce (*Lactuca sativa* Var. Angustana) from linear measurements. *Ind. J. Agric. Sci.* 2001;(71):483-486.
- Camas N., Ayan A.K., Esendal E. Leaf area prediction model for safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Pak. J. Biol. Sci.* 2005;(8):1541-1543.
- Manivel L. Biometric correlations between leaf area and length measurements of Granache grape leaves. *HortSci*, 1974;(9):27-28.
- Strik B.C., Proctor J.T.A. Estimating the area of trifoliolate and unequally imparipinnate leaves of strawberry. *Hortic. Sci.* 1985;(20):1072-1074.
- Stewart D.W., Dwyer L.M. Mathematical characterization of maize canopies. *Agric. For.*

- Meteorol.* 1993;(66):247-265.
- Guo D.P. and Y.Z. Sun. Estimation of leaf area of stem lettuce (*Lactuca sativa* var. angustana) from linear measurements. *Ind. J. Agric. Sci.* 2001;(71):483-486.
- Kucukonder H., Boyaci S., Akyuz A. A modeling study with an artificial neural network: developing estimation models for the tomato plant leaf area. *Turk. J. Agric. For.* 2016;(40):203-212
- Bozkurt S., Keskin M. Effect of deficit irrigation on the estimation of cucumber leaf area under greenhouse conditions. *Int. J. Agric. Biol.* 2018;(20):877-882.
- Blanco F.V., Folegatti M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 2005;(62):305-309.
- Cho Y., Oh S., Oh M.M., Son J.E. Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value. *Sci. Hortic.* 2007;(111):330-334.
- ROBBINS N.S., PHARR D.M. Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. *HortScience*. 1987;22(6):1264-1266.
- Singh M.C., Singh K.G., Singh J.P. Indirect method for measurement of leaf area and leaf area index of soilless cucumber crop. *Adv Plants Agric Res.* 2018;8(2):188-191. DOI: 10.15406/apar.2018.08.00311

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-29-34>
УДК 635.127:631.526.32(470.3)

В.А. Степанов*

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: vstepanov8848@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Степанов В.А. Новый сорт редьки китайской (лоба) Сердце Подмоскovieя для Центрального региона России. *Овощи России*. 2023;(2):29-34.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-29-34>

Поступила в редакцию: 23.12.2022

Принята к печати: 23.01.2023

Опубликована: 03.04.2023

Victor A. Stepanov*

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

*Correspondence: vstepanov8848@mail.ru

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

For citations: Stepanov V.A. A new variety of Chinese radish (loba) Serdtse Podmoskovyia for the Central region of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):29-34. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-29-34>

Received: 23.12.2022

Accepted for publication: 23.01.2023

Published: 03.04.2023

Новый сорт редьки китайской (лоба) Сердце Подмоскovieя для Центрального региона России



Резюме

Представлены результаты по селекционной работе лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» по культуре редьки китайской (лоба). Из коллекционного материала (изучено всего 23 образца) по комплексу хозяйственно ценных признаков выделен перспективный материал под номером № 600.

Цель исследований – создание сорта китайской редьки – лобы для открытого и защищенного грунта со стабильной урожайностью, выравненностью, устойчивостью к болезням хранения. Исходя из поставленной цели, в задачи исследований входили: провести оценку перспективного сорта лобы в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях открытого и защищенного грунта, оценку выравненности по основным морфо-биологическим параметрам, а также оценку сохранности и устойчивости к болезням хранения.

Результаты. В результате многократного индивидуально-семейственного отбора в направлении продуктивности, устойчивости к преждевременному стеблеобразованию и болезням вегетации и хранения, повышения вкусовых качеств выведен новый сорт редьки китайской Сердце Подмоскovieя. Сорт включен в Госреестр селекционных достижений в 2022 году и рекомендован к использованию в Центральном регионе. Новый сорт относится к сорто типу Розово-красный округлый, характеризуется полупрямостоячей листовой розеткой. Корнеплод плоскоокруглой формы, крупного размера; форма головки плоская, основания – округлая. Мякоть белая сочная со слабоострым привкусом. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом 65-75 суток, пригоден для раннелетнего, осеннего и зимнего использования, устойчив к длительному хранению (сохранность 95-96%) и к пониженному освещению. Урожайность в защищенном грунте – 2,7 кг/м², товарность – 88,7%, масса корнеплода – 533 г; содержание сухого вещества – 6,26%, сахаров – 2,56%, аскорбиновой кислоты – 19,36 мг%. Сорт на этом фоне отличался отсутствием цветущих и больных растений. Урожайность в открытом грунте – 31,2 т/га (3,12 кг/м²), товарность – 81,2%, масса корнеплода – 281 г. Сорт в этих условиях отличался более высоким содержанием сухого вещества – 11,0%, сахаров – 3,2%, и аскорбиновой кислоты – 20,13 мг%; отмечен небольшой процент цветущих (9,4%) и больных растений (6,3%). Для этого сорта разработана технология получения оригинальных и элитных семян по однолетнему циклу развития в условиях Центрального региона.

Ключевые слова: редька китайская, сорт, селекция, урожайность, биохимическая характеристика, выравненность, семеноводство

A new variety of Chinese radish (loba) Serdtse Podmoskovyia for the Central region of Russia

Abstract

The article presents the results of the selection work of the laboratory of breeding and seed production of table root crops of the Federal Scientific Vegetable Center for the culture of Chinese radish (loba). From the collection material (a total of 23 samples were studied), a promising material was selected under the number No. 600 for a complex of economically valuable features. The purpose of the research is to create a variety of Chinese radish – loba for open and protected ground. Based on this goal, the objectives of the research included: to evaluate a promising variety of loba in a nursery of competitive variety testing in open and protected ground conditions, to assess alignment according to the main morphobiological parameters, as well as to assess the safety and resistance to diseases during storage.

Results. As a result of repeated individual and family selection in the direction of productivity, resistance to premature stem formation and diseases of vegetation and storage, as well as improvement of taste qualities, a new variety of Chinese radish Serdtse Podmoskovyia was bred. The new variety belongs to the pink-red rounded varietal type. The root crop is flat-rounded, large in size. The flesh is white, juicy, with a slightly spicy taste. The variety is medium-ripened, the growing season is 65-75 days, suitable for use in early summer, autumn and winter, resistant to long-term storage (95-96% preservation) and low light. The yield of the variety in protected ground is 2.7 kg/m², marketability – 88.7%, root crop weight – 533 g; dry matter content – 6.26%, sugars – 2.56%, ascorbic acid – 19.36 mg%. The variety on this background was distinguished by the absence of flowering and diseased plants. The yield in the open ground was 31.2 t/ha (3.12 kg/m²), marketability – 81.2%, root crop weight – 281 g. The variety under these conditions was characterized by a higher content of dry matter – 11.0%, sugars – 3.2% and ascorbic acid – 20.13 mg%; a small percentage of flowering (9.4%) and affected plants (6.3%) was noted. For this variety, a technology has been developed for obtaining original and elite seeds according to a one-year development cycle in the conditions of the Central region of Russia.

Keywords: loba, variety, selection, yield, biochemical characteristics, uniformity, seed production

Введение

Редька китайская (лоба) (*Raphanus sativus* L. var. *lobo* Sazon. Et Stankev. var. *lobo*) относится к семейству *Brassicaceae* и является самостоятельной овощной культурой со своими морфобиологическими и хозяйственно ценными признаками. Ареалом распространения лобы является Китай, Япония, страны Индокитая, Дальний Восток и Средняя Азия, где эта культура получила широкое распространение и где создано много разнообразных сортов и гибридов [1].

Лоба отличается высокими диетическими и вкусовыми качествами, наличием комплекса витаминов, ферментов и других, ценных в пищевом отношении веществ, содержит минеральные соли. Корнеплоды лобы содержат минимальное количество горчичных масел, придающих вкусу остроту, горечь и действующих возбуждающе на сердечную деятельность. В зимне-весенний период корнеплоды лобы служат источником аскорбиновой кислоты, находящейся в них в свободном состоянии. Лоба улучшает обмен веществ, помогает работе кишечника, возбуждает аппетит, стимулирует выделение желчи и желудочного сока, а также выводит из организма различные соли, холестерин и тяжелые металлы.

Согласно проведенным исследованиям по биохимическому анализу, содержание в корнеплодах лобы аскорбиновой кислоты в зависимости от сортообразца составляет от 21,5 до 32,5 мг/100 г, сухого вещества – от 8,0 до 13,1%, сахаров – от 6,4 до 9,0%, что указывает на высокую ценность данного вида овощной продукции в питании человека [2, 3, 4, 5].

Листья лобы цельные или лировидные, лопастные или рассеченные различной формы и окраски с зеленым, розовым и красным жилкованием. Корнеплоды по форме округлые, овальные, конические, эллиптические, сосульковидные и цилиндрические, по окраске флоры – белые, зеленые, красные различных оттенков, фиолетовые. Мякоть корнеплода белая, зеленая, розовая, красная. По вкусу корнеплоды лобы близки к редису или дайкону и в отличие от редьки зимней имеют нежную сочную консистенцию и слабый острый привкус.

Редька китайская относится к виду *Raphanus sativus* L., подвиду *sinensis* Sazon. Et Stankev. группе разновидностей *lobo* Sazon. Et Stankev, которая подразделяется на пять разновидностей по признаку окраски флоры: лоба белая, лоба зеленая, лоба красномясая, лоба розово-красная, лоба фиолетовая. По признакам формы корнеплода, окраски мякоти и рассеченности листовой пластинки в пределах каждой разновидности лоба подразделяется на сорто типы. Основные сорто типы: белая длиннотрубчатая, белая округлая, зеленая трубчатая, зеленая округлая, зеленая коническая, зеленая пурпурносердцевидная, розово-красная трубчатая цельнолистная, красная овальная цельнолистная, красная округлая лировиднолистная, красная трубчатая лировиднолистная и др. [6, 7].

Лоба относится к растениям длинного дня и предъявляет повышенные требования к освещенности. При длинном 15-17 часовом дне ускоряется формирование генеративных органов (цветков и плодов) и сдерживается образование вегетативных (корнеплодов). И, наоборот, при длине дня от 15 до 13 часов задержива-

ется переход к репродуктивной фазе развития.

Растения редьки китайской могут развиваться в течение одного или двух лет. В первый год формируется розетка из 10-15 листьев и корнеплод массой 200-500 г, на второй год растение цветет и образует семена. При однолетнем цикле корнеплоды и семена образуются в один год. Продолжительность вегетативного периода (от всходов до технической спелости) составляет 50-90 суток, продолжительность периода онтогенеза 120-130 суток.

В Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2022 год зарегистрировано всего 31 сорт редьки китайской, из них 2 гетерозисных гибрида иностранного происхождения. Четыре сорта – Северянка, Малиновый шар, Золотой рог и Красавица Подмосковья созданы в ФГБНУ ФНЦО [8].

Цель исследований – создание сорта китайской редьки – лобы для открытого и защищенного грунта со стабильной урожайностью, выравненностью, устойчивостью к болезням хранения. Исходя из поставленной цели, в задачи исследований входило провести оценку перспективного сорта лобы в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях открытого и защищенного грунта, оценку выравненности по основным морфобиологическим параметрам, а также оценку сохранности и устойчивости к болезням хранения.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в условиях защищенного и открытого грунта на экспериментальной базе ВНИИС-СОК – филиала ФГБНУ ФНЦО, лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов.

Объектами исследований являлись представители семейства капустные – китайская редька лоба сорто типов Розово-красная округлая. В качестве стандарта принят сорт лобы Красавица Подмосковья.

Погодные условия, в которых проводили испытания (2019-2020 годы), для роста и формирования корнеплодов, созревания семян сложились контрастные. Колебания температурного режима и влажности оказали существенное влияние на формирование и качество урожая корнеплодов. Урожайность лобы в эти годы колебалась от 8,5 до 37,3 т/га – в открытом грунте, от 2,4 до 2,7 кг/м² – в защищенном.

Методика постановки лабораторных и полевых опытов осуществлялась с учетом "Методических требований к закладке опытов, документации и отчетности в научно-исследовательской работе" (1987 год), изданной во ВНИИССОК и методики полевого опыта по Б.А. Доспехову [9, 10]. В защищенном грунте посев проводили во второй декаде февраля, в открытом – во второй декаде июля. Площадь учетной делянки в защищенном грунте – 2 м², в открытом – 10 м², схема посева соответственно 15 x 20 см² и 10 x 30 см², повторность четырехкратная. Срок уборки урожая в защищенном грунте вторая-третья декада апреля, в открытом – третья декада сентября.

Морфологическое описание проводили по методикам Международного союза по растительным техническим ресурсам (IBPGR) и Международного союза по защите новых сортов растений (UPOV) [11].

Учет продуктивности корнеплодов проводится в фазе технической спелости дифференцированно:

товарная и нетоварная части; нетоварная складывается из недогонов, разветвленных, треснувших, цветущих, больных и т. д.; оценку на устойчивость к болезням проводили по листьям – перед уборкой, по корнеплодам – во время весеннего анализа. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты исследований

Из коллекционного материала, интродуцированного из Восточноазиатского центра происхождения, по комплексу хозяйственно ценных признаков выделен перспективный материал под номером № 600. (изучено всего 23 образца) для дальнейшей селекционной работы. В результате многократного индивидуально-семейственного отбора в направлении продуктивности, устойчивости к преждевременному стеблеобразованию, повышения вкусовых качеств и устойчивости к комплексу заболеваний получен новый сорт редьки китайской (лоба) Сердце Подмосковья. Новый сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2022 году и рекомендован для возделывания в Центральном регионе.

Новый сорт относится к сорто типу розово-красный округлый лировидный, характеризуется полупрямо стоящей листовой розеткой с семью-девятью листьями, рассеченными на восемь-десять долей и антоциановой окраской черешка.

Корнеплод плоскоокруглый (сорт-стандарт – округло-овальный), крупного размера; форма головки плоская, основания – округлая. Мякоть корнеплода белая сочная со слабоострым приятным привкусом.

Сорт пригоден для раннелетнего, осеннего и зимнего использования, устойчив к длительному хранению (сохранность 95-96%) и к пониженному освещению.

Учитывая то, что защищенный грунт по сравнению с открытым имеет несколько иную освещенность, отбор из исходного материала редьки китайской проводили в направлении выделения теневыносливых биотипов, как правило, с небольшой листовой розеткой и более ранним формированием корнеплода. Выделенные таким образом образцы стали основой новой сортопопуляции редьки китайской. Проведенное нами конкурсное сортоиспытание в течение двух лет нового сорта редьки китайской Сердце Подмосковья в сравнении со стандартом Красавица Подмосковья в первом обороте зимней остекленной теплицы показало, что за 50-60-суточный период вегетации урожай лобы был сформирован на уровне 2,4-2,7 кг/м². Перспективный сорт Сердце Подмосковья существенно превосходит стандарт по товарной урожайности и средней массе растения и корнеплода, отличался высокой товарностью и отсутствием на этом фоне цветущих и больных растений.

По содержанию сухого вещества, моносахаров и суммы сахаров, нитратов существенных различий между сортом лобы Сердце Подмосковья и стандартом в защищенном грунте не выявлено, за исключением небольшого превышения содержания аскорбиновой кислоты в корнеплодах перспективной сортопопуляции (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и качество урожая китайской редьки (лобы) в первом обороте защищенного грунта, средние за 2019-2020 годы
Table 1. Yield and quality of the harvest of Chinese radish in the first turnover of protected ground, average for 2019-2020

Показатели	Сортопопуляции	
	Красавица Подмосковья	Сердце Подмосковья
Густота стояния, шт./м ²	11	14
Товарная урожайность, кг/м ² (НСР ₀₅ =0,2)	2,4	2,7
Средняя масса растения, г	332	533
Средняя масса корнеплода, г	224	262
Доля корнеплода в массе растения, %	67,5	50,0
Товарность, %	54,2	88,7
Цветущность, %	38,6	0,0
Процент больных растений, %	0,0	0,0
Содержание сухого вещества, %	6,55	6,26
моносахаров, %	2,50	2,50
суммы сахаров, %	2,56	2,56
аскорбиновой кислоты мг%	18,26	19,36
Накопление нитратов, мг/кг	194	191

В условиях открытого грунта, при густоте стояния 178-227 тыс. шт./га урожай у изучаемых образцов сформирован на уровне 14,6-31,2 т/га. Оценка в данных условиях показала, что сорт лобы Сердце Подмосковья по товарной урожайности, товарности и средней массе товарного корнеплода существенно превосходил стандарт Красавица Подмосковья, однако на этом фоне у него имелся небольшой процент цветущих растений, в то время как у стандарта цветущие растения практически отсутствовали, а по проценту пораженных болезнями растений несколько уступал сорту-стандарту (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и качество урожая китайской редьки (лоба) в открытом грунте, средние за 2019-2020 годы
Table 2. Yield and crop quality of Chinese radish outdoors, average for 2019-2020

Показатели	Сортопопуляции	
	Красавица Подмосковья	Сердце Подмосковья
Густота стояния, шт./га	227	178
Товарная урожайность, т/га (НСР ₀₅ =3,5)	14,69	31,2
Средняя масса корнеплода, г	143	281
Товарность, %	71,0	81,2
Цветущность, %	0,0	9,4
Процент больных растений, %	4,9	6,3
Содержание сухого вещества, %	10,95	11,97
моносахаров, %	2,84	2,98
суммы сахаров, %	3,02	3,20
аскорбиновой кислоты мг%	16,72	20,13
Накопление нитратов, мг/кг	161	180

Содержание биохимических веществ в корнеплодах редьки китайской – лобы, выращенной в открытом грунте, характеризует качественные показатели данного вида овощной продукции. По сухому веществу выделился перспективный сорт Сердце Подмосковья, по сумме сахаров существенных различий между изучаемыми образцами не выявлено. По содержанию аскорбиновой кислоты в корнеплодах перспективный сорт существенно превосходили стандарт. Следует отметить, что питательная ценность корнеплодов лобы, выращенных в открытом грунте, выше, чем в защищенном. Накопление нитратов в корнеплодах как в защищенном, так и в открытом грунте не превышало предельно допустимое значение (ПДК=1000 мг/кг).

Для оценки степени выравненности перспективной сортопопуляции по морфо-биологическим параметрам нами были проведены биометрические измерения у растений, выращенных в защищенном грунте, по 10 морфологическим признакам и рассчитаны коэффициенты вариации (CV). Изменчивость принято считать незначительной, если CV не превышает 10%, средней, если CV более 10%, но менее 20% и значительной,



Рис. 3. Редька китайская (лоба) Сердце Подмосковья
Fig. 3. Chinese radish (lobo) cv. Serdtse Podmoskovya

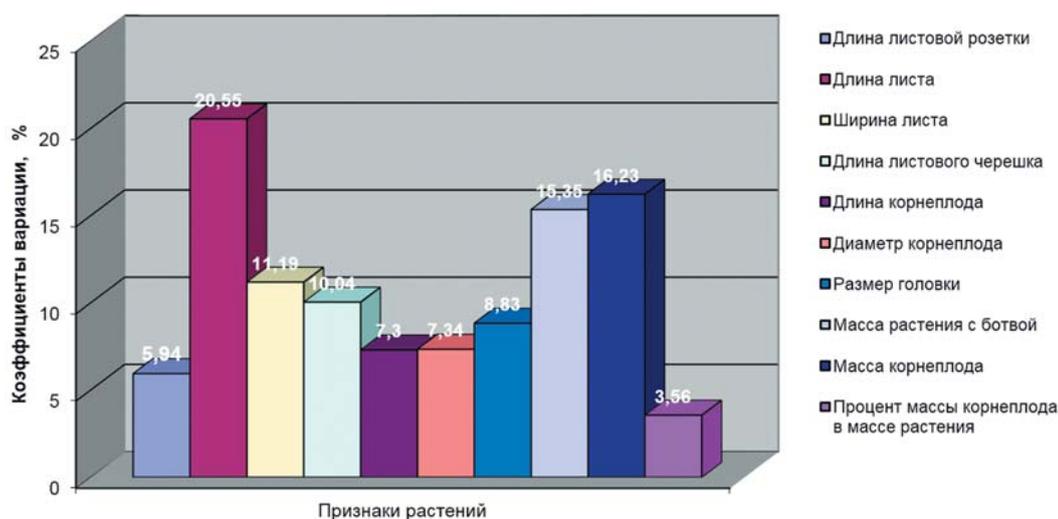


Рис. 1. Варьирование признаков редьки китайской в зимней теплице, 2019-2020 годы
Fig. 1. Variation of signs of Chinese radish in the winter greenhouse, 2019-2020



Рис. 2. Редька китайская (лоба) Сердце Подмосковья
Fig. 2. Chinese radish (lobo) cv. Serdtse Podmoskovya

если CV более 20%. Согласно данным графика (рис. 1) у семи признаков из 10: длина листовой розетки, ширина листа, длина листового черешка, длина и диаметр корнеплода, размер головки, процент массы корнеплода в массе растения CV был менее 10% или близок к этому показателю. CV у остальных признаков колебался от 15,35 до 20,55% и характеризовался средней изменчивостью.

В целом, новый перспективный сорт редьки китайской обладает достаточно высокой морфологической однородностью, это показано на рисунках 2, 3.

Оценка способности длительного хранения перспективной сортопопуляции редьки китайской в сравнении со стандартом показала, что за период хранения 2019-2020 годов существенных различий между новым сортом и контролем не выявлена: сохранность их составила 95-96%, а процент заболевших корнеплодов составил 4-5%.

Особенности семеноводства

Первичное семеноводство редьки китайской Сердце Подмосковья ведут как по типу двулетней, так и однолетней культуры пересадочным способом с отбором суперэлитных и элитных корнеплодов. При двулетнем цикле развития посев проводят 10-15 июля или в пленочной теплице во втором обороте после ранних овощных культур и рассады, или в открытом грунте. Корнеплоды убирают в середине-конце сентября. Перед закладкой на хранение удаляют все корнеплоды с признаками поражения болезнями. Маточники хранят в контейнерах с полиэтиленовыми вкладышами в хранилищах, оборудованными холодильниками, увлажнителями и вентиляцией. Режим хранения: температура – +1+3°C, влажность – 90-95%. После весеннего отбора маточники высаживают в семеноводческие боксы. Во время начала цветения для опыления ставят ульи со шмелями. Семена получают в конце июля – начале августа, семенной ворох дорабатывают и определяют

семеноводческие боксы с междурядьями 0,6 м, расстояниями между растениями 15-20 см. Вызревшие семена получают в конце августа начале сентября. На рисунке 4. показана сравнительная оценка двух способов первичного семеноводства: при однолетнем цикле развития урожайность на 4% больше, чем при двулетнем. Семена имеют темно-желтую окраску (рис. 5.), масса 1000 семян – 15,64 г. Таким образом, нами разработана новая технология получения оригинальных и элитных семян по однолетнему циклу развития.

Заключение

Таким образом, выведен новый сорт редьки китайской – лобы Сердце Подмосковья, который включен в Госреестр селекционных достижений в 2022 году и рекомендован к использованию в Центральном регионе. Новый сорт относится к сорто типу Розово-красный округлый, характеризуется полупрямостоячей листовой розеткой с семью-девятью листьями обратнойце-

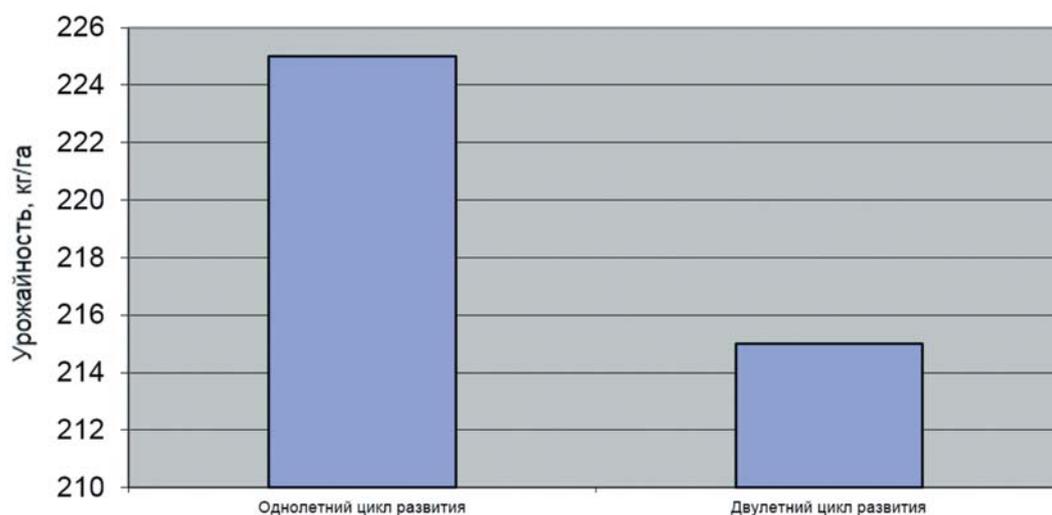


Рис. 4. Урожайность семян редьки китайской сорта Сердце Подмосковья, полученных при однолетнем и двулетнем циклах развития, 2020-2021 годы
Fig. 4. Seed yield of Chinese radish cv. Serdtse Podmoskovya obtained during one-year and two-year development cycles, 2020-2021

посевные качества семян. По ГОСТ 32592-213 для оригинальных и элитных партий семян лобы (по аналогии с дайконом) чистота семян должна быть не менее 96%, допустимая примесь других растений по массе – не более 0,4%, в том числе семян сорных растений – не более 0,10%; всхожесть – не менее 85%, влажность – не более 9,0% (рис. 4, 5).

Учитывая то, что период яровизации маточных корнеплодов лобы китайской составляет 30-40 суток, а репродуктивный период онтогенеза значительно короче – (60-70 суток), чем у редьки зимней (100-110 суток) [12], а также наличие теневыносливости выращивание семян репродукции ОС и ЭС в условиях зоны создания сорта (Московская область) можно вести по типу однолетней культуры. Для этого маточники выращивают в первом обороте зимней остекленной теплицы без досвечивания. После отбора элитные корнеплоды закладывают на хранение в корнеплодохранилище в середине-конце апреля. В конце мая - начале июня после яровизации корнеплоды дополнительно перебирают, удаляя больные растения, затем их высаживают в



Рис. 5. Семена лобы сорта Сердце Подмосковья
Fig. 5. Chinese radish seeds, cv. Serdtse Podmoskovya

видной формы зеленой окраски, рассеченными на 8-10 долей. Черешок имеет антоциановую окраску.

Корнеплод плоскоокруглой формы, крупного размера; форма головки плоская, основания – округлая. Мякоть белая сочная со слабоострым привкусом.

Сорт пригоден для раннелетнего, осеннего и зимнего использования, устойчив к длительному хранению (сохранность 95-96%) и к пониженному освещению. Вегетационный период 65-75 суток.

Урожайность лобы Сердце Подмосковья в защищенном грунте – 2,7 кг/м², товарность – 88,7%, средняя масса корнеплода – 262 г; содержание сухого вещества

в корнеплодах – 6,26%, сахаров – 2,56%, аскорбиновой кислоты – 19,36 мг%. Сорт на этом фоне отличался отсутствием цветущих и больных растений.

Урожайность в открытом грунте составила 31,2 т/га (3,21 кг/м²), товарность – 81,2%, масса корнеплода – 281 г. Сорт в этих условиях отличался более высоким содержанием сухого вещества – 11,97%, сахаров – 3,2% и аскорбиновой кислоты – 20,13 мг%; отмечен небольшой процент цветущих (9,4%) и больных растений (6,3%). Для этого сорта разработана технология получения оригинальных и элитных семян по однолетнему циклу развития.

Об авторе:

Виктор Алексеевич Степанов – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов, <https://orcid.org/0000-0002-8749-1425>, vstepanov8848@mail.ru

About the Author:

Victor A. Stepanov – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of breeding and seed production of table root crops, <https://orcid.org/0000-0002-8749-1425>, vstepanov8848@mail.ru

• Литература

1. Бохан И. А. Интродукция лобы (*Raphanus sativus* L. convar. lobo Sazon. Et Stankev.) в условиях Беларуси. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014;(39):33-35.
2. Постоева М. Н. Получение исходного материала для селекции лобы (convar. lobo Sazon. Et Stankev. var. lobo) и совершенствование способов семеноводства в Нечерноземной зоне России: автореф. дисс. канд. с. – х. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства. М. 2007. 24 с.
3. Бунин М.С. Научное обоснование системы интродукции в Нечерноземье новых овощных культур Восточно-Азиатского центра происхождения (на примере корнеплодных и клубнеплодных растений видов *Raphanus sativus* L., *Brassica rapa* L., *Daucus carota* L., *Stachys sieboldii* Miq): автореф. дисс. доктора с. – х. наук. М.: 1998. 47 с.
4. Литвинов Д.О. Сортоизучение китайской редьки в условиях Юга Тюменской области. / В сб. Инновационное развитие АПК Северного Зауралья. Сб. матер. регион. научно-практ. конф. молод. ученых. Министерство с. – х. РФ. Гос. аграрн. ун-т Северного Зауралья. 2013. С.41-44.
5. Несмелова Л. А. Биохимические показатели сортов китайской редьки (лоба) при выращивании в условиях Удмуртской Республики. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012;4(60):61-65.
6. Шебалина М.А., Сазонова Л.В. Корнеплодные растения (семейство Капустные – репа, турнепс, брюква, редька, редис). Культурная флора СССР. Т. 18. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. 1985. 324 с.
7. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов./ Под ред. Д. Д. Брежнева. М.: Колос. 1982. 415 с.
8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2022. 719 с.
9. Методические требования к закладке опытов, документации и отчетности в научно-исследовательской работе /Под. ред. В. А. Лудилова. М.: 27 с.
10. Доспехов Б. А. методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-ое изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
11. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность редька (*Raphanus sativus* L. var. niger (Mill.) S. Kerner.). 2003. 8 с.
12. Агапов С. П., Столовые корнеплоды. Государственное издательство с. – х. лит. – ры. Издание второе, дополненное и исправленное. М.: 1956. С. 230-231.

• References

1. Bohan I. A. Introduction of loba (*Raphanus sativus* L. convar. lobo Sazon. Et Stankev.) in the conditions of Belarus. *Fruit and berry growing in Russia*. 2014;(39):33-35. (in Russ.)
2. Postoeva M. N. Obtaining the source material for the selection of loba (convar. lobo Sazon. Et Stankev. var. lobo) and improvement of seed production methods in the Non-Chernozem zone of Russia: abstct. diss. Candidate of Agricultural Sciences /All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing. M. 2007. 24 p. (in Russ.)
3. Bunin M. S. Scientific substantiation of the system of introduction of new vegetable crops of East Asian origin in the Non-Chernozem region (by the example of root and tuber plants of the species *Raphanus sativus* L., *Brassica rapa* L., *Daucus carota* L., *Stachys sieboldii* Miq): fabstract. diss. doctors of agricultural sciences. M.: 1998. 47 p. (in Russ.)
4. Litvinov D.O. Variety study of Chinese radish in the conditions of the South of the Tyumen region. / In the sat. Innovative development of the agro-industrial complex of the Northern Trans-Urals. Sat. mater. region. scientific and practical conf. young. scientists. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. State Agrarian. un-t of the Northern Trans-Urals. 2013. Pp. 41-44. (in Russ.)
5. Nesmelova L. A. Biochemical parameters of varieties of Chinese radish (lobo) when grown in the conditions of the Udmurt Republic. *Vestnik of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2012;4(60):61-65. (in Russ.)
6. Shebalina M. A., Sazonova L. V. Root-bearing plants (Cabbage family – turnip, turnip, rutabaga, radish, radish) / Cultural flora of the USSR. Vol. 18.- L.: Agropromizdat. Leningr. edition. 1985. 324 p. (in Russ.)
7. Guidelines for the approbation of vegetable crops and fodder root crops./ Edited by D. D. Brezhnev. M.: Kolos. 1982. 415 p. (in Russ.)
8. The state register of selection achievements, admitted to use. Vol. 1. "Plant varieties" (the official publication). M.: FGBNU "Rosinformagrotech". 2021. 719 p. (in Russ.)
9. Methodological requirements to bookmark experiments, documentation and reporting in scientific research work Under. the editorship of V. A. M. Ludilova: 27 p. (in Russ.)
10. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed. additional and re-edited by M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (in Russ.)
11. Methodology for testing the distinctness, uniformity and stability of radish (*Raphanus sativus* L. var. niger (Mill.) S. Kerner.) 2003. 8 p. (in Russ.)
12. Agapov S.P. Root vegetables. State publishing house of agricultural literature. Second edition, enlarged and corrected. M.: 1956. P. 230-231. (in Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40>
УДК 635.652.2:631.526.32-048.24(571.1)

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

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

*Автор для переписки:

o.e.yakubenko@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: Якубенко О.Е., Паркина О.В., Ван Ч., Нгуен Н.Т. Оценка сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*) на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья. *Овощи России*. 2023;(2):35-40. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40>

Поступила в редакцию: 08.12.2022

Принята к печати: 23.01.2023

Опубликована: 03.04.2023

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

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

*Correspondence Author:

o.e.yakubenko@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: Yakubenko O.E., Parkina O.V., Wang Zh., Nguyen N.T. Evaluation of green beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties for adaptability and noble-forming ability in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):35-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40>

Received: 08.12.2022

Accepted for publication: 23.01.2023

Published: 03.04.2023

Оценка сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*) на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья

**Резюме**

Актуальность. С агротехнической точки зрения фасоль является ценной культурой, способной экологизировать земледелие. Бобовые культуры обладают способностью вступать в симбиотические отношения с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями и ассимилировать азот воздуха. Создание высокоэффективных растительно-микробных систем в агроценозах путем селекции новых сортов бобовых с высоким симбиотическим потенциалом – перспективное направление, позволяющее контролировать эффективность накопления биомассы растений и качество сельскохозяйственной продукции. Возникает необходимость оценки образцов на адаптивность и клубенькообразующую способность для реализации селекционных программ по созданию высокопродуктивных сортов, способных реализовать генетический потенциал продуктивности в резко-континентальном климате.

Материалы и методы. На базе ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ в 2018-2020 годах проведена оценка сортов фасоли овощной разного эколого-географического происхождения с кустовым типом роста. Опытные поля расположены в поселке Мичуринский (левый берег г. Новосибирска) и учебно-производственном хозяйстве «Сад Мичуринцев» (правый берег г. Новосибирска). Изучение образцов по параметрам адаптивности, а также способности формирования клубеньков выполняли в соответствии с общепринятыми методиками. Учитывали признаки продуктивности: число и масса бобов с растения, масса одного боба, урожайность. Целью работы являлась оценка сортов фасоли овощной на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья.

Результаты. При формировании симбиотического аппарата учитывали условия произрастания. На территории п. Мичуринский установлены высокие показатели по биомассе. Сорта Морена и Магура характеризовались интенсивным ростом на опытном поле п. Мичуринский, сорта Золушка и Солнышко – УПХ «Сад Мичуринцев». Общее число клубеньков на растении варьировало от 29 (Кормилица) до 66 шт. (Золушка), активных клубеньков – от 9 (Кормилица) до 49 шт. (Золушка). Отмечено, что сорта Солнышко и Золушка обладали высокими показателями общей адаптивной способности и селекционной ценности генотипа. Установлена сильная взаимосвязь между признаками масса листьев и число активных клубеньков, число активных клубеньков и площадь листовой поверхности; средняя – между числом активных клубеньков и биомассой растения.

Ключевые слова: фасоль овощная (*Phaseolus vulgaris*), сорт, адаптивность, клубенькообразующая способность, активные клубеньки, урожайность

Evaluation of green beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties for adaptability and noble-forming ability in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia

Abstract

Relevance. From an agrotechnical point of view, beans are a valuable crop capable of greening agriculture. Legumes have the ability to enter into symbiotic relationships with nodule nitrogen-fixing bacteria and assimilate atmospheric nitrogen. The creation of highly efficient plant-microbial systems in agroecosystems by breeding new varieties of legumes with a high symbiotic potential is a promising direction that makes it possible to control the efficiency of plant biomass accumulation and the quality of agricultural products. There is a need to evaluate varieties for adaptability and nodule-forming ability to implement breeding programs to create highly productive and high-quality varieties that can realize the genetic potential of productivity in the sharply continental climate.

Materials and methods. On the basis of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Novosibirsk State Agrarian University in 2018-2020, an assessment was made of green bean varieties of different ecological and geographical origin with a bush type of growth. Experimental fields are located in the village of Michurinsky (left bank of Novosibirsk) and the educational and production farm "Garden of Michurintsev" (right bank of Novosibirsk). The study of samples in terms of adaptability parameters, as well as the ability to form nodules, was performed in accordance with generally accepted methods. We took into account the characteristics that affect the productivity of the crop - the number and weight of beans per plant, the weight of one bean, and the yield. The aim of the work is to evaluate the varieties of vegetable beans for adaptability and nodule-forming ability in the conditions of the forest-steppe of the Siberian region.

Results. When forming the symbiotic apparatus, the growth conditions were taken into account. It has been established that high rates of biomass are observed on the territory of the village of Michurinsky. Varieties Morena and Maguyra are characterized by intensive growth in the experimental field of the village of Michurinsky, varieties Zolyushka and Solnyshko – the educational and production farm "Garden of Michurintsev". The total number of nodules per plant varied from 29 (Kormilitsa) to 66. (Zolyushka), active nodules – from 9 (Kormilitsa) to 49 (Zolyushka). It is noted that the varieties Solnyshko and Zolyushka have high rates of general adaptive ability and breeding value of the genotype. A strong relationship has been established between the characteristics of leaf mass and the number of active nodules, the number of active nodules and the leaf surface area; average - between the number of active nodules and plant biomass.

Key words: green bean (*Phaseolus vulgaris*), variety, adaptability, nodule-forming ability, active nodules, productivity

Введение

Зернобобовые культуры обладают уникальной способностью вступать в симбиотические отношения с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями и с помощью этого ассимилировать азот воздуха [1].

Образование клубеньков – результат сложной последовательности явлений, начинающихся вне корня. Процесс заражения происходит через корневые волоски и может зависеть как от генетических особенностей сорта, так и от периода, протекающего до заражения и скорости роста клубеньков [2].

В последние годы стало актуальным заниматься экологическим земледелием, в результате чего происходит восстановление биологических ресурсов почвы [3]. Включение фасоли обыкновенной в севооборот может улучшить физические свойства и структуру почвы – на ее корнях развиваются клубеньковые бактерии, которые способны накапливать до 60 кг/га биологического азота в почве за год [4, 5]. По данным исследований наблюдается увеличение урожайности зерновых культур без внесения дополнительных минеральных азотных удобрений после возделывания фасоли [6]. Поживные остатки культуры улучшают биологические процессы в почве, усиливают ферментативную активность и доступность питательных веществ, способствуют повышению плодородия почвы.

Для снижения затрат и повышения качества конечной продукции необходимо поддерживать высокоэффективные растительно-микробные системы в агроценозах путем селекции новых сортов фасоли с высокой клубенькообразующей способностью. Это перспективное направление позволит контролировать эффективность накопления биомассы растений и качество сельскохозяйственной продукции. Поиск источников с высокой способностью к образованию клубеньков позволит использовать их в селекции для создания сортов, не требующих применения высоких доз азота.

Основным фактором, влияющим на интенсификацию производства в сельском хозяйстве, является совершенствование существующих и создание новых сортов на основе внедрения эффективных методов селекции и разнообразия исходного материала [7].

При отборе лучших генотипов для создания нового сорта необходимо учитывать экологические особенности региона выращивания [8]. Оценка адаптивности и стабильности форм позволит подобрать родительские пары, наиболее полно реализующие генетический потенциал продуктивности, способные решить основные проблемы экологического земледелия за счет формирования азотфиксирующих клубеньков [9, 10].

Цель исследования – оценить сорта фасоли овощной разного эколого-географического происхождения на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы

В 2018–2020 годах была проведена оценка сортов фасоли овощной разного эколого-географического

происхождения на адаптивность и клубенькообразующую способность – Золушка, Морена, Магура, Солнышко, Ника, Кормилица.

Сорт стандарт – Солнышко, селекции Новосибирского ГАУ и СибНИИРС. Среднеспелый, характеризуется детерминантным кустовым типом стебля, высота растения варьирует от 45 до 50 см. Техническая спелость у сорта наступает через 50–55 суток с момента появления полных всходов. Окраска цветков белая, размер средний. В технической спелости бобы слабоизогнутые, светло-желтой окраски с округлым поперечным сечением, без волокна и пергаментного слоя, длина до 14 см, высота прикрепления нижнего боба до 12 см. Товарная урожайность бобов достигает 20,0 т/га.

Исследования проводили на территории п. Мичуринский (левый берег г. Новосибирска) и УПХ «Сад Мичуринцев» (правый берег г. Новосибирска) по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [11]. Поля опытных участков по периметру окружены лесозащитной полосой.

Норма высева – 22 шт./м². Схема посева 70х6 см. Уход за растениями проводили вручную.

Почва опытного участка п. Мичуринский – выщелоченный чернозем, содержание гумуса 3,5%, P₂O₅ – 57 мг/100 г, K₂O – 20,5 мг/100 г, pH – 6,1 [12].

Почва опытного участка УПХ «Сад Мичуринцев» – серая лесная. Содержание гумуса в пахотном горизонте 3,0...3,2%, азота нитратного – 2,4...4,2 мг/кг, азота аммиачного – 14,2...15,9 мг/кг, подвижного фосфора – 272...307 мг/кг, обменного калия – 88...100 мг/кг почвы [13].

Фенологические наблюдения и морфологическое описание фасоли овощной проводили по общепризнанным методикам в соответствии с методическими указаниями «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение» и «Изучение образцов мировой коллекции фасоли» [14, 15]. Морфологические параметры растений учитывали дважды за вегетацию – в периоды массового цветения и технической спелости.

Для оценки клубенькообразующей способности и продуктивности растений фасоли в фазу цветения и плодообразования проводили биометрические измерения: число, размер и окраска клубеньков, площадь листовой поверхности, биомасса растений [16].

Показатель экологической пластичности рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell [17], подробно описанной в работе О.С. Корзун и А.С. Бруйло [18]. Оценку параметров адаптивности проводили по основным методикам [17, 18, 19].

Учет бобов проводили в фазу технической спелости с фиксированных растений [20].

Математическую обработку данных проводили при помощи программного обеспечения Statistica и Snedecor [21].

Метеорологические условия в годы исследований различались гидротермическим режимом по сравнению со среднемноголетними показателями климатической зоны, что позволило оценить адаптивный потенциал сортов.

Таблица 1. Оценка пластичности и стабильности сортов фасоли овощной
Table 1. Evaluation of plasticity and stability of green bean varieties

Сорт	Число бобов с растения			Масса бобов с растения			Масса одного боба			Урожайность бобов		
	X_i , шт.	b_i	S_{gi} , %	X_i , г	b_i	S_{gi} , %	X_i , г	b_i	S_{gi} , %	X_i , т/га	b_i	S_{gi} , %
Солнышко – ст.	44	0,6	3,5	211,3	1,1	25,9	4,1	0,9	9,4	17	0,4	3,7
Ника	39	1,4	9,7	169,8	1,9	33,8	5,2	0,7	3,0	15	0,6	14,7
Кормилица	38	0,5	1,1	208,4	1,3	25,9	5,5	0,8	5,3	15	0,7	16,4
Морена	34	1,2	6,5	131,9	-1,7	41,4	4,4	0,9	8,4	13	1,1	18,0
Магура	25	1,5	11,8	95,1	-2,9	56,7	4,8	1,5	14,3	9	1,6	31,2
Золушка	47	1,3	9,3	242,8	1,8	18,7	5,2	-1,3	7,8	16	0,6	9,9

Примечание: X_i – среднее значение признака; b_i – коэффициент регрессии; S_{gi} – относительная стабильность сорта

Результаты и их обсуждение

Проведена оценка сортов коллекции Федерального научного центра овощеводства (Золушка, Морена, Магура) и сибирской селекции (Солнышко, Ника, Кормилица) на адаптивность и клубенькообразующую способность.

Изучение адаптивности и стабильности сортов позволяет обосновать и подобрать отдельные элементы технологии выращивания культур с учетом их сортовой особенности в конкретной почвенно-климатической зоне [22]. Главным условием для создания высококачественного сорта является сочетание в нем экологической пластичности, стабильности и продуктивности [23].

Продуктивность сортов – сложный признак, который определяется массой бобов с растения и зависит от составляющих элементов: числа бобов с растения и массы одного боба.

Относительная стабильность генотипа (S_{gi}) выступает важным параметром при селекции культур на адаптивность [22]. Изучаемые сорта по числу бобов на растении и массе одного боба характеризовались наибольшей стабильностью. По числу бобов с растения выделены стабильные сорта: Кормилица, Солнышко, Морена, Золушка, Ника; по массе одного боба – Ника, Кормилица, Золушка, Морена, Солнышко. По массе бобов с растения средняя стабильность отмечена у сорта

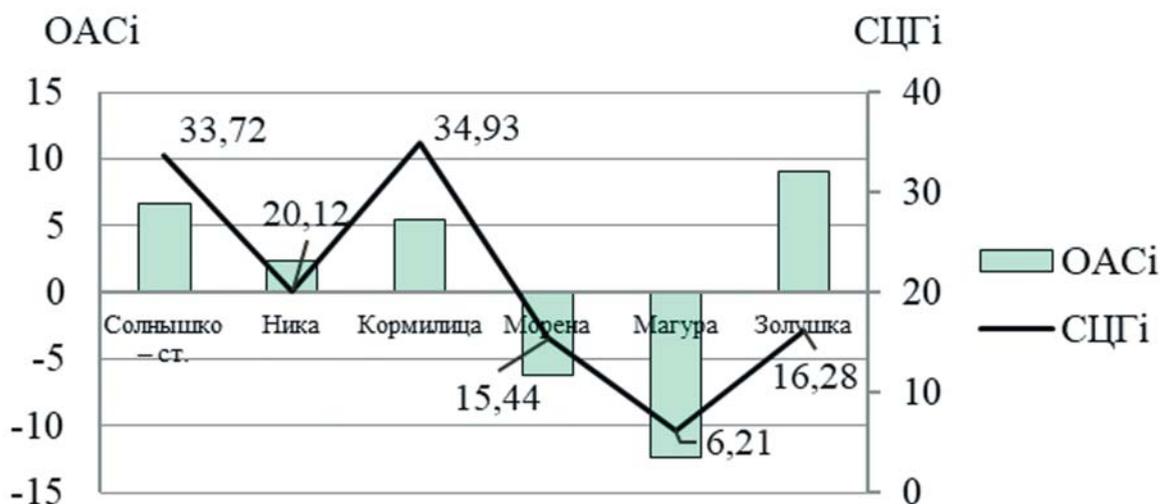


Рис. 1. Связь OAC и СЦГ по числу бобов с растения

Fig. 1. Relationship between the General adaptive ability and the breeding value of the genotype by the number of pods per plant

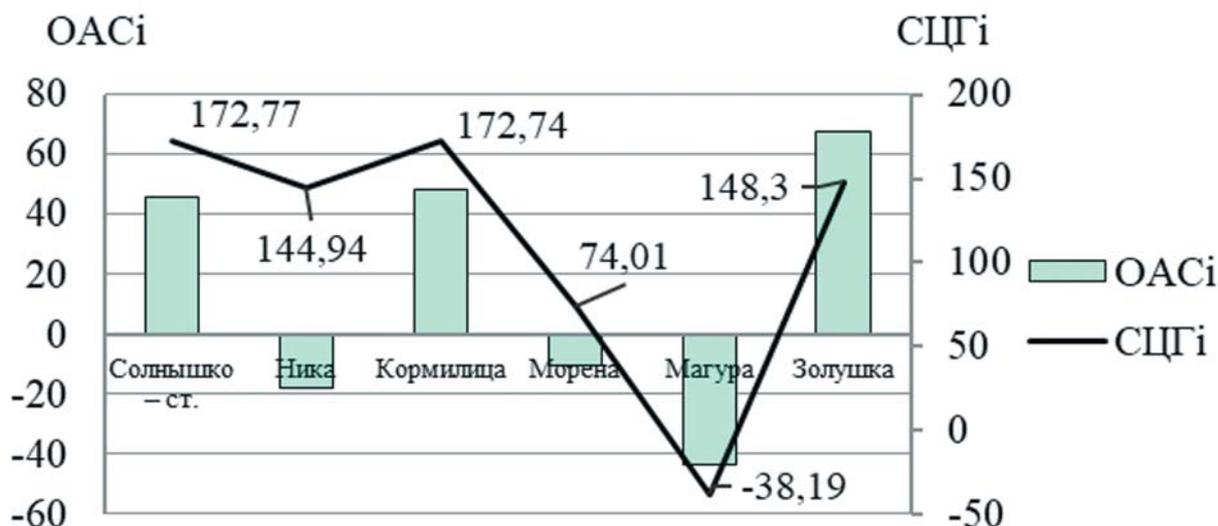


Рис. 2. Связь OAC и CZГ по массе бобов с растения
Fig. 2. Relationship between the General adaptive ability and the breeding value of the genotype by the mass of beans per plant

Золушка. По урожайности сорта Солнышко и Золушка отличались высокой стабильностью, средней – сорта Ника и Кормилица.

Коэффициент регрессии позволяет оценить экологическую пластичность и характеризует общую тенденцию изменений урожайности сорта. Установлено, что высокая отзывчивость на улучшение условий произрастания отмечена у сортов Морена и Магура. (табл. 1).

Параметр общей адаптивной способности позволяет комплексно оценить сорта по параметрам адаптивности и продуктивности. Комплексный показатель селекционной ценности генотипа (CZГ) позволяет выделить генотипы, сочетающие среднюю устойчивость и продуктивность [23].

По признаку число бобов с растения сорта Золушка, Солнышко, Кормилица и Ника сочетали в генотипе высокие показатели селекционной ценности генотипа (CZГ), общей адаптивной способности и стабильности (рис. 1).

По массе бобов с растения наибольшей селекционной ценностью генотипа и средней адаптивной способностью обладали сорта Солнышко, Кормилица и Золушка. Образцы являются ценными, т.к. способны обеспечить стабильные показатели признака в изменяющихся условиях. Наименьшая селекционная ценность генотипа и адаптивная способность наблюдалась у сорта Магура (рис. 2).

Высокие показатели общей адаптивной способности и селекционной ценности генотипа по урожайности зеленых бобов отмечались у сорта Солнышко; средние – у сортов: Ника, Золушка и Кормилица; низкая OAC и средняя CZГ – у сорта Морена; низкие OAC и CZГ – у сорта Магура (рис. 3).

Отмечено, что сорта Солнышко, Кормилица и Золушка (рис. 1, 2, 3) обладали высокими показателями общей адаптивной способности и селекционной ценности генотипа, что позволило отне-

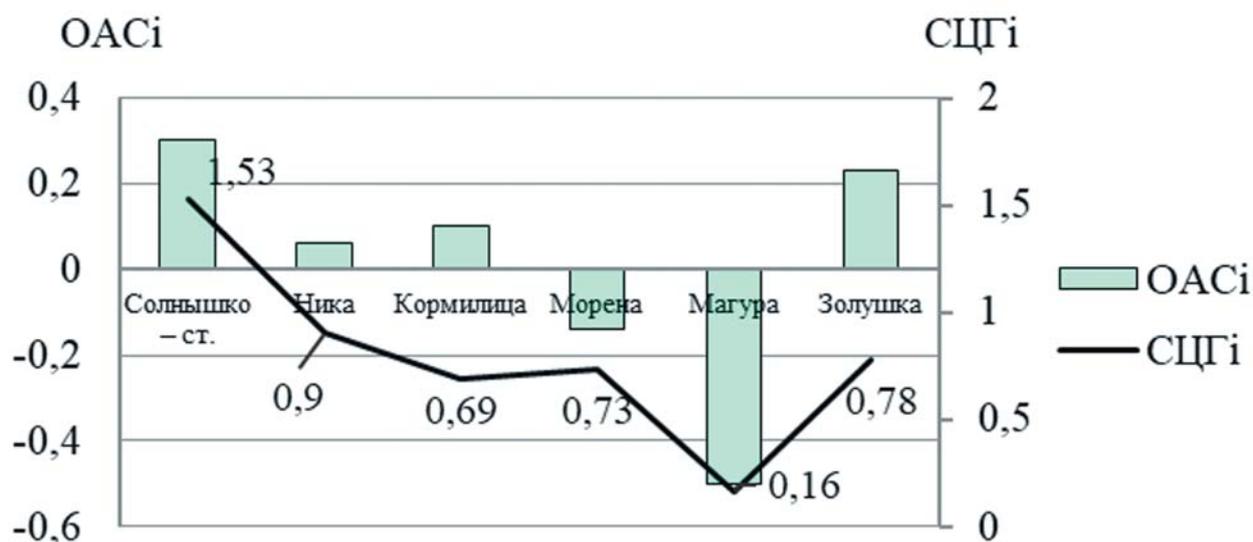


Рис. 3. Связь OAC и CZГ по урожайности бобов
Fig. 3. Relationship between the General adaptive ability and the breeding value of the genotype of yield

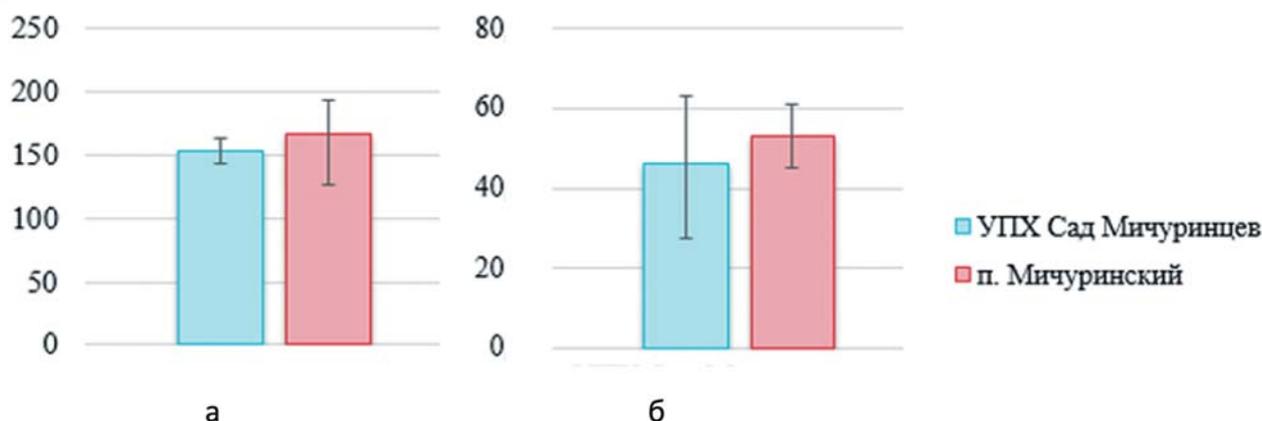


Рис. 4. Характеристика сортов фасоли овощной: а – биомасса, г; б – число клубеньков, шт.
Fig. 4. Characteristics of varieties of vegetable beans: a – biomass, g; b – number of nodules, pcs.

сти их к высокоадаптивным сортам.

Условия местопроизрастания оказывали влияние на формирование симбиотического аппарата фасоли овощной. Установлено, что высокая степень облиственности наблюдалась у сортов Морена и Магура на опытном поле п. Мичуринский, у сортов Золушка и Солнышко – УПХ «Сад Мичуринцев» (рис. 4а).

Потенциал клубенькообразования у сортов зависит от общего числа клубеньков на корнях растения (рис. 4б). Установлено, что общее число клубеньков на растении варьировало от 29 (Кормилица) до 66 шт. (Золушка). Коэффициент вариации составил 29%.

Активные клубеньки способны фиксировать в почву азот из атмосферы. Число активных клубеньков на растении варьировало от 9 шт. (Кормилица) до 49 шт. (Золушка). Коэффициент вариации – 34%.

Сорта Солнышко и Золушка характеризуются стабильной урожайностью и способностью формировать максимальное число активных клубеньков. Отмечена сильная положительная корреляция между признаками: число активных клубеньков – масса листьев, число активных клубеньков – урожайность зеленых бобов.

Закключение

При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать особенности экологического земледелия для создания высокопродуктивных сортов фасоли овощной с сочетанием параметров адаптивности и клубенькообразующей способности.

По параметрам продуктивности выделены стабильные сорта: по числу бобов с растения Кормилица (1,1%), Солнышко (3,5%), Морена (6,5%), Золушка (9,3%), Ника (9,7%); по массе одного боба – Ника (3,0%), Кормилица (5,3%), Золушка (7,8%), Морена (8,4%), Солнышко (9,4%); по урожайности – Солнышко (3,7%); по массе бобов с растения средняя стабильность отмечена у сорта Золушка (18,7%).

Сорта Солнышко, Кормилица и Золушка обладают высокими показателями общей адаптивной способности и селекционной ценности генотипа, что позволяет отнести их к высокоадаптивным сортам.

Установлена взаимосвязь между клубенькообразующей способностью, элементами продуктивности и формированием вегетативной массы фасоли овощной разного эколого-географического происхождения.

Сорта Солнышко и Золушка характеризуются стабильной урожайностью и способностью формировать максимальное число активных клубеньков.

Выявлена сильная зависимость между признаками: число активных клубеньков – масса листьев ($r = 0,89$), число активных клубеньков – урожайность зеленых бобов ($r = 0,85$), число активных клубеньков – площадь листовой поверхности ($r = 0,76$). Средняя положительная корреляция отмечена между параметрами число активных клубеньков и биомасса растения ($r = 0,66$).

Сорта Солнышко и Золушка рекомендованы для включения в селекционные программы в качестве исходного материала по созданию адаптивных сортов фасоли овощной с высокой способностью к клубенькообразованию для условий лесостепи Приобья.

Об авторах:

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

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

Чжэньфань Ван – аспирантка, wangzhenfen85@163.com

Нам Тхань Нгуен – аспирант, namthanhdhv@gmail.com

About the Authors:

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

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

Zhenfen Wang – graduate student, wangzhenfen85@163.com

Nam T. Nguyen – graduate student, namthanhdhv@gmail.com

• Литература

1. Линкина В.И., Якубенко О.Е., Паркина О.В. Взаимосвязь клубенькообразующей способности и продуктивности сортов фасоли зерновой в условиях лесостепи Приобья. Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф.– Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2020. С. 116-118.
2. Натман Р.С. Генетика взаимодействия бобовых растений и клубеньковых бактерий. *Сельскохозяйственная биология*. 1970;5(3):462-469.
3. Паркина О.В., Харина Н.С. Оценка образцов фасоли овощной по продуктивности бобов и клубенькообразующей способности в условиях лесостепи Приобья. *Овощи России*. 2013;(1):51-54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-51-54>. EDN QCJHOB.
4. Воробьев В.А. Симбиотическая азотфиксация и температура. Новосибирск: Наука, 1998. 26 с.
5. Стаканов Ф. С. Фасоль. Кишинев, 1986. 194 с.
6. Булынецов С.В., Петрова М.В., Сердюк В.П. Овощные бобовые культуры (горох, фасоль, бобы). СПб.: Диамант, 1993. С. 27-33.
7. Alladassi M.E., Nkaludo S., Mukankusi C., Mwale E., Gibson P., Edema R., Urrea C., Kelly J., Rubaihayo P. Inheritance of resistance to common bacterial blight in four selected common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2017;9(6):71-78.
8. Belarmino D. Inheritance of resistance to common bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) disease and yield of common bean. *Master thesis. Makerere University*. 2015;10(2):574-578.
9. Baloch F.S., Alsaleh A., Shahid M.Q. [et al.] A whole genome DArTseq and SNP analysis for genetic diversity assessment in durum wheat from central fertile crescent. *PLoS one*. 2017;12(1):875-879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167821> PMID: 28099442
10. Bitocchi E., Rau D., Bellucci E., Rodriguez M., Murgia M.L., Gioia T. Beans (*Phaseolus* spp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Front Plant Sci*. 2017;(8). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00722> PMID: 28533789
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общ. часть. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур. 1985. 269 с.
12. Штайнерт Т.В. Селекция гетерозисных партенокарпических гибридов огурца в условиях лесостепи Приобья: автореф. канд. ... наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
13. Якубенко О.Е. Разработка элементов сортовой технологии и оценка коллекции фасоли овощной в условиях лесостепи Приобья. Новосибирск, 2021. 18 с.
14. Методические указания. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение (под ред. Вишняковой М.А.). СПб.: ООП «Копи-Р. Групп», 2010. 142 с.
15. Методические указания по изучению образцов мировой коллекции фасоли. Л., 1987. 60 с.
16. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Жеруков Б.Х. Растениеводство. М.: Колос, 2007. 612 с.
17. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966;6(1):3640.
18. Корзун О.С., Бруило А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. Гродно: ГАУ, 2011. 140 с.
19. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. *Генетика*. 1985;21(9):14-18.
20. Паркина О.В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов фасоли и разработка приемов выращивания в условиях Западной Сибири. Новосибирск, 2003. 174 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2014. 351 с.
22. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические методы селекции на адаптивность капсулы белокачанной. *Овощи России*. 2013;(3):10-14. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-10-14>. EDN RBVJTKX.
23. Якубенко О.Е., Паркина О.В., Попова К.И., Колупаев Д.А. Оценка адаптивной способности и стабильности сибирского генотипа фасоли овощной. *Овощи России*. 2020;(1):35-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-35-41>. EDN WUBDWH.

• References

1. Linkina V.I., Yakubenko O.E., Parkina O.V. Correlation between the nodule-forming ability and the productivity of grain bean varieties in the conditions of the forest-steppe of the Ob region. Actual problems of the agro-industrial complex: Sat. tr. scientific-practical conf. - Novosibirsk: Information Center of NSAU "Golden Ear", 2020. P. 116-118. (In Russ.)
2. Natman R.S. Genetics of interaction between leguminous plants and nodule bacteria. *Agricultural biology*. 1970;5(3):462-469. (In Russ.)
3. Parkina O.V., Harina N.S. Evaluation of bean vegetable samples on productivity and root formation capacity in the conditions of foreststeppe of the ob region. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):51-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-51-54>. EDN QCJHOB.
4. Vorobyov V.A. Symbiotic nitrogen fixation and temperature. Novosibirsk: Nauka, 1998. 26 p. (In Russ.)
5. Glasses F. S. Beans. Kishinev, 1986. 194 p. (In Russ.)
6. Bulyntsev S.V., Petrova M.V., Serdyuk V.P. Vegetable legumes (peas, beans, beans). St. Petersburg: Diamant, 1993. P. 27-33. (In Russ.)
7. Alladassi M.E., Nkaludo S., Mukankusi C., Mwale E., Gibson P., Edema R., Urrea C., Kelly J., Rubaihayo P. Inheritance of resistance to common bacterial blight in four selected common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2017;9(6):71-78.
8. Belarmino D. Inheritance of resistance to common bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) disease and yield of common bean. *Master thesis. Makerere University*. 2015;10(2):574-578.
9. Baloch F.S., Alsaleh A., Shahid M.Q. [et al.] A whole genome DArTseq and SNP analysis for genetic diversity assessment in durum wheat from central fertile crescent. *PLoS one*. 2017;12(1):875-879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167821> PMID: 28099442
10. Bitocchi E., Rau D., Bellucci E., Rodriguez M., Murgia M.L., Gioia T. Beans (*Phaseolus* spp.) as a Model for Understanding Crop Evolution. *Front Plant Sci*. 2017;(8). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00722> PMID: 28533789
11. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue. 1. Common Part. M.: State Commission for Variety Testing agriculture plants. 1985. 269 p. (In Russ.)
12. Steinert T.V. Selection of heterotic parthenocarpic hybrids of cucumber in the conditions of the forest-steppe of the Ob region. Novosibirsk, 2011. 19 p. (In Russ.)
13. Yakubenko O.E. Development of elements of varietal technology and assessment of the collection of vegetable beans in the conditions of the forest-steppe of the Ob region. Novosibirsk, 2021. 18 p. (In Russ.)
14. Guidelines. Collection of World Genetic Resources of Cereal Legumes VIR: Replenishment, Preservation and Study (ed. Vishnyakova M.A.). St. Petersburg, 2010. 142 p. (In Russ.)
15. Guidelines for the study of samples of the world collection of beans. L., 1987. 60 p. (In Russ.)
16. Posypanov G.S., Dolgodvorov V.E., Zherukov B.Kh. Plant growing. Moscow: Kolos, 2007. 612 p. (In Russ.)
17. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966;6(1):3640.
18. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants: a guide. Grodno: GSAU, 2011. 140 p. (In Russ.)
19. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, the differentiating ability of the environment. *Genetics*. 1985;21(9):14-18. (In Russ.)
20. Parkina O.V. Economic and biological assessment of bean varieties and development of cultivation methods in Western Siberia. Novosibirsk, 2003. 174 p. (In Russ.)
21. Dospikhov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). M., 2014. 351 p. (In Russ.)
22. Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G. Ecological methods of breeding of white head cabbage for adaptivity. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(3):10-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-10-14>. EDN RBVJTKX.
23. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Popova K.I., Kolupaev D.A. Evaluation of the adaptive ability and stability of the Siberian bean vegetable gene pool. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(1):35-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-35-41>. EDN WUBDWH.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-41-46>
УДК 633.88:631.531.03

Е.Л. Маланкина^{1,2*}, Н.Г. Романова³

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»
117216, РФ, г. Москва, ул. Грина, д. 7

² ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
127550, РФ, г. Москва,
ул. Тимирязевская, д. 49

³ Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Департамента здравоохранения города Москвы «Медицинский колледж № 2»
129366, Россия, г. Москва,
ул. Ярославская, д. 17, корп. 2

*Автор для переписки: gandurina@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: Маланкина Е.Л., Романова Н.Г. Перспективы использования рассадной технологии в лекарственном растениеводстве. *Овощи России*. 2023;(2):41-46.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-41-46>

Поступила в редакцию: 12.01.2023

Принята к печати: 19.01.2023

Опубликована: 03.04.2023

Elena L. Malankina^{1,2*}, Natalya G. Romanova³

¹ FSBEI HPE «The Russian State Agricultural University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy»
49, Timiryazevskaya Street,
Moscow, 127550, Russia

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

³ SBPEI HDM «MC № 2»,
The state budgetary professional education institution of the health care department of Moscow «MEDICAL COLLEGE № 2»
Yaroslavskaya str., 17, bldg. 2,
Moscow, 129366, Russia

*Correspondence Author: gandurina@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: Malankina E.L., Romanova N.G. Prospects for the use of seedling technologies in medicinal plant production. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):41-46. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-41-46>

Received: 12.01.2023

Accepted for publication: 19.01.2023

Published: 03.04.2023

Перспективы использования рассадной технологии в лекарственном растениеводстве



Резюме

В статье освещены вопросы выращивания лекарственных и эфиромасличных культур, дефицит семян и проблема химического полиморфизма получаемого сырья. Как возможный путь решения этой проблемы рассматривается широкое внедрение рассадной технологии для лекарственных и эфиромасличных культур. Был проведен анализ и систематизированы сведения по отдельным элементам технологического процесса.

Цель: провести анализ и изучить возможности для внедрения рассадных технологий в лекарственном растениеводстве с учётом опыта других отраслей растениеводства.

Методы: сведения, полученные из литературных источников, были систематизированы по отдельным элементам технологического процесса, изложены в логической последовательности и проанализированы на предмет применимости в лекарственном растениеводстве.

Результаты. Результатом анализа литературных источников и личного опыта исследователей по вопросу использования рассадного способа выращивания лекарственных и эфиромасличных культур является вывод о возможности использования рассады, как генеративно, так и вегетативно размноженных растений. Благодаря современным регуляторам роста и микроудобрениям, имеется возможность интенсифицировать процесс производства рассады, а именно повысить всхожесть и энергию прорастания семян, укореняемость черенков, сократить период от посева (посадки черенков) до высадки в грунт и получить кассетную рассаду с хорошо развитой корневой системой. Механизация процессов посева и посадки позволяет существенно снизить затраты на выполнение этих операций, больший интервал для высадки позволяет максимально качественно подготовить участок и успешно бороться с сорняками механическими способами. Техника, применяемая для данных операций в промышленном овощеводстве, подходит для лекарственных и эфиромасличных культур без дополнительной модификации.

Заключение. Широкое внедрение рассадного способа может стать оптимальным решением проблемы недостатка семян, трудностей прямого посева в грунт и продолжительной фазы всходов, ухода после закладки плантации и борьбы с сорняками в первый период, а также позволит получать сырьё со стабильным биохимическим составом.

Ключевые слова: размножение растений, рассада, аминокислоты, гидроксикоричные кислоты, стимуляторы роста, лекарственные растения, эфиромасличные растения

Prospects for the use of seedling technologies in medicinal plant production

Abstract

Relevance. The article highlights the issues of growing medicinal and essential oil crops, the seeds shortage and the problem of chemical polymorphism of raw materials. As a possible way to solve this problem is considered a wide introduction of seedling technologies for medicinal and essential oil crops. An analysis was carried out and information was systematized on individual elements of the technological process.

Purpose. To analyze and explore the possibilities for the introduction of seedling technologies in medicinal plant growing, taking into account the experience at other branches of plant growing, primarily vegetable growing.

Methods. Information obtained from literary sources was systematized by individual elements of the technological process, presented in a logical sequence and analyzed for applicability in medicinal plant production.

Results. The result of the literary sources analysis, the personal experience of researchers on the use of the seedling method for medicinal, and essential oil crops growing, they showed the prospect the seedlings technology for generatively and vegetatively propagated plants. Thanks to modern growth regulators and fertilizers, it is possible to intensify the process of seedling production, and specifically to increase the germination and energy of seed germination, rooting of cuttings, shorten the period from sowing (planting cuttings) to planting in the ground and get cassette seedlings with a well-developed root system. The mechanization of the sowing and planting processes can significantly reduce the costs of these operations, a longer interval for planting allows you to prepare the field with the highest quality and successfully fight weeds by mechanical means. The technique used for these operations in commercial vegetable growing is suitable for medicinal and essential oil crops without further modification.

Conclusion. The widespread introduction of the seedling method can be the best solution to the problem of lack of seeds, difficulties of direct sowing in the ground and a long germination phase, care after planting and weed control in the first period, and will also allow obtaining raw materials with a stable biochemical composition.

Keywords: plant propagation, seedling, growth regulators, amino acids, hydroxycinnamic acids, medicinal plants, aromatic plants

Введение

Лекарственное и эфирномасличное растениеводство как отрасль сельскохозяйственного производства характеризуется рядом особенностей: большое число видов, которые сильно отличаются по своей биологии, что затрудняет разработку их промышленной технологии и их выращивание в качестве сельскохозяйственных культур. Многие таксоны характеризуются сильным внутривидовым химическим полиморфизмом, что создаёт сложности при их переработке, как в фармацевтической, так и пищевой и парфюмерной промышленности [1, 2]. Это порождает целый ряд проблем, которые тормозят развитие отрасли в целом и не позволяют получать сырьё заданного стабильного качества.

Отсутствие промышленного семеноводства и острый дефицит семян многих востребованных культур, в частности, таких крупнотоннажных культур как валериана, душица, шалфей лекарственный, так и редких, малораспространённых и также сильно востребованных – родиолы розовой и лапчатки белой, затрудняют получение их сырья в достаточном количестве. Это связано с трудоёмкостью и затратностью семеноводства, а также с низкой семенной продуктивностью растений ряда видов [3].

Ни у кого не вызывает сомнений, что древесно-кустарниковые растения (облепиха, шиповник, витекс священный, лаванда, розмарин и др.) размножаются в производстве только вегетативно, что позволяет сохранить сортовые качества и хозяйственно ценные признаки [4, 5]. С каждым годом всё активнее применяют микроклональное размножение на лекарственных культурах [6, 7]. В ряде случаев этот способ является единственной реальной возможностью получить достаточное количество посадочного материала, но он сопряжён с наличием квалифицированных специалистов и серьёзного оборудования. Для вегетативно размножаемых культур, таких как мята перечная, лаванда узколистная, розмарин лекарственный и др., использование черенкования (корневищными и зелёными черенками) позволяет получить выровненные растения, как по фенотипу, так и по биохимическому составу сырья [8, 9]. Также рассадный способ является единственно возможным для растений со сложной стратификацией и очень продолжительным ростом, как например, горечавка жёлтая [10]. Вопрос стабильности содержания и состава фармакологически значимых соединений для лекарственных растений и эфирного масла для ароматических растений, является краеугольной проблемой качества сырья, при решении которой, возможно полностью соответствовать требованиям и запросам переработчиков, в частности, требованиям Государственной Фармакопеи (XIV издание) [11]. В последние годы в декоративном садоводстве перешли на производство вегетативно размноженного посадочного материала таких видов, как тимьян ползучий и тимьян обыкновенный, душица обыкновенная, монарда дудчатая и некоторых других видов [12]. На лекарственных культурах также присутствуют исследования, касающиеся этого вопроса, в частности работы по черенкованию красавки белладонны [13], тимьяна ползучего [14], зюзника европейского [15, 16].

Цель: провести анализ и изучить возможности для внедрения рассадных технологий в лекарственном растениеводстве с учётом опыта других отраслей растениеводства.

Методы и материалы.

Статья содержит сведения из литературных источников о накопленных результатах по выращиванию рассады в овощеводстве и закладки плантаций лекарственных и эфирномасличных растений. Сведения, полученные из литературных источников, были систематизированы по отдельным элементам технологического процесса, изложены в логической последовательности и проанализированы на предмет применимости в лекарственном растениеводстве.

Результаты и их обсуждение

Проблема внедрения рассадных технологий условно может быть разделена на несколько направлений, комплексное решение которых позволит выстроить весь производственный процесс и достигнуть конечной цели – требуемого качества сырья в количестве, соответствующем потребностям всех заинтересованных отраслей. В настоящее время имеются значительные комплексные наработки в данном направлении в ряде стран ЕС [17]. В отечественной литературе имеются работы, в частности, Всероссийского института лекарственных и ароматических растений, по элементам технологии для отдельных культур, в основном трудно размножаемых интродуцентов и в большей степени освещающих биологические, а не технологические аспекты семенного и вегетативного размножения лекарственных и эфирномасличных культур.

Как уже было сказано выше, размножение растений в зависимости от вида возможно либо семенным, либо вегетативным способом. Не касаясь семеноводства, процесс получения товарных плантаций из семян через рассаду можно представить следующей схемой (рис.1). Схема вегетативного размножения представлена на рисунке 2.



Рис. 1. Технологическая схема при семенном размножении лекарственных растений
Fig. 1. Technological scheme for seed propagation of medicinal plants



Рис. 2. Технологическая схема при вегетативном размножении лекарственных растений
Fig. 2. Technological scheme for vegetative propagation of medicinal plants

На каждом этапе и в каждом из указанных случаев, предусмотрены свои необходимые технологические операции и разрабатываются приёмы повышения эффективности производства, а также возникают научные и производственные проблемы, которые необходимо решить. Но в обоих случаях, конечная цель – максимально развитые растения за минимальный срок.

При прямом посеве в грунт, учитывая мелкий размер семян многих видов, в частности, тимьяна и душицы, приходится увеличивать норму высева, что сказывается на затратах. Соответственно при недостатке семян и их высокой стоимости, если речь идёт о больших площадях реализация проекта становится невозможной. Такая же проблема может возникнуть при закладке плантации семенами нового сорта, которых по определению на начальном этапе мало. Применение рассадной технологии позволяет в 10 и более раз снизить потребность в семенах на 1 га. Дополнительным бонусом является возможность на год сократить пребывание культуры в поле, это важно в том случае, если сырьём являются корни и поле в течение двух-трёх лет не приносит никакого дохода, но требует значительные затраты по уходу. Например, по пути рассадной технологии выращивания валерианы пошли многие небольшие хозяйства Европейского Союза [18, 19].

При семенном размножении на этапе подготовки семян важными операциями являются протравливание, при необходимости стратификация или скарификация и обработка стимуляторами роста, что позволяет предотвратить появление чёрной ножки и максимально быстро получить всходы. Механизация процессов возможна за счёт применения комплексов, включающих в себя функции перемешивания торфа, заполнения кассет и посева семян. Посев в кассеты можно механизировать с помощью сеялок, предназначенных для выращивания овощной рассады: SEM 100 (для малых и средних предприятий) и более производительные, например линия на базе сеялки LR1200, оснащённая электронной регулировкой скорости ленты. Размер кассет определяется культурой и продолжительностью выращивания рассады.

После появления всходов необходимо обеспечить максимально комфортные условия и стимулировать как развитие корневой системы и формирование устойчивого кома в кассете, так и надземной массы. Применение комплексных удобрений, микроудобрений, стимуляторов корнеобразования и активаторов фотосинтеза позволяет максимально быстро получить качественную рассаду. Большой интерес могут представлять аминокислотные препараты, которые благодаря содержащимся в них аминокислотам выполняют не только питательную, но и антистрессовую и регуляторную функцию [20]. При этом они не опасны в работе и могут быть использованы в органическом производстве. Например, в наших опытах положительные результаты на иссопе лекарственном, тимьяне обыкновенном, душице обыкновенной хорошие результаты давали 2-3-х кратные обработки, как отдельными аминокислотами, так и аминокислотными препаратами (рис. 3).

Как видно из рисунка 3, при 2-х кратном опрыскивании рассады комплексным аминокислотным препаратом Аминозол (Германия) с интервалом в неделю корневая система формировалась более активно по сравнению с контролем. Аналогичный результат был получен при



Рис. 3. Влияние 2-х кратного применения препарата Аминозол на качество корневой системы иссопа лекарственного (45-дневная рассада)
Fig. 3. Influence 2-fold application of the drug Aminozol on the root system quality Hyssopus officinalis (45-day-old seedlings)

обработке рассады вайды красильной [21].

Сокращение срока выращивания рассады возможно за счёт создания максимально комфортных условий питания и освещенности для растений. В овощеводстве для получения качественной рассады активно используется досвечивание определённого спектрального состава и продолжительности. Однако оно применяется в основном в рассадных отделениях зимних отапливаемых теплиц и является достаточно затратным. Этот путь целесообразен для растений с очень продолжительным выращиванием рассады и дорогим конечным продуктом (родиола розовая). Как более дешёвый вариант можно рассматривать на первом этапе неотапливаемые теплицы и площадки с возможностью полива и укрытия нетканым материалом для доращивания, а также использование препаратов, повышающих стрессоустойчивость растений, таких как Силиплант или Эпин-экстра и др. [22].

Снижение энергозатрат на культивационные сооружения состоит в сокращении срока проращивания семян в условиях камер проращивания или отапливаемых теплиц и максимально быстром выносе растений в неотапливаемые теплицы или на открытые площадки. Для растений, которые высаживают летом, можно обойтись только открытыми площадками. Подобная технология применяется для выращивания кассетной рассады валерианы, душицы, зверобоя продырявленного и некоторых других культур [23, 24].

Использование рассады позволяет максимально качественно подготовить поле и провести все необходимые мероприятия по борьбе с сорняками. У отдельных культур, в частности, у валерианы, высадку рассады в поле проводят во второй половине лета, что позволяет использовать участок для выращивания, например, кормовых культур или сидератов, а срок выращивания валерианы сокращается фактически на год (при посеве она выращивается 2 года). После высадки можно достаточно быстро приступить к механизированным междурядным обработкам, не опасаясь повредить достаточно крупные растения. При высадке рассады в весенние сроки (конец мая - начало июня) у таких культур как Melissa и душица можно получить урожай уже на первом году жизни [23].

При вегетативном размножении цикл начинается с создания и эффективной эксплуатации маточника. Достаточно много подходящих наработок в декоратив-



Маточники душицы и шалфея



Маточники с капельным поливом

Рис. 4. Маточники лекарственных культур (Чехия, 2017 год)
Fig. 4. Mother plants of medicinal crops (Czech Republic, 2017)

ных питомниках, где достаточно большой ассортимент травянистых растений. Естественно коэффициент размножения у разных культур разный и соответственно потребность в маточниках будет отличаться в зависимости от вида. Решение вопроса интенсификации использования маточников за счёт увеличения кратности срезки, может существенно повысить эффективность данного способа размножения в промышленных условиях. Увеличить выход черенков с единицы маточника позволит использование нетканых укрытий и теплиц, для получения более раннего отрастания и за счёт этого более раннего начала черенкования, что, в свою очередь, позволит провести несколько циклов отрастание - срезка черенков - укоренение. Одновременно возможна обработка маточников стимуляторами роста и подкормка макро- и микроэлементами, а также монтаж капельного полива, который удобно использовать, в том числе и для подкормок.

Повышение укореняемости можно добиться использованием стимуляторов корнеобразования, в частности

ауксинов [14, 25]. В частности, в опытах по укоренению полудревесневших черенков тимьяна лимонного в условиях открытого грунта в грядках под нетканым материалом показана высокая эффективность применения различных концентраций ИМК. Укореняемость при этом составила 94-96%. Концентрация препарата оказывала в большей степени влияние на степень развитости корневой системы.

В настоящее время есть ещё ряд препаратов, также стимулирующих корнеобразование, например, гидроксикоричные кислоты [15], которые предотвращают распад ауксинов растениями, тем самым повышая их содержание в тканях и стимулируя все процессы, связанные с этими фитогормонами, в частности корнеобразование.

В наших исследованиях были получены положительные результаты при применении аминокислотных препаратов и отдельных аминокислот при укоренении корневищных и стеблевых черенков мяты перечной [25].

Как видно на рисунке 6, аминокислоты L-пролин, L-аланин, DL- аланин не только стимулировали рост корней, но



Рис. 5. Качество корневой системы и прирост надземной части полудревесневших черенков *Th. x citriodorus* [14]
Fig. 5. The root system quality and the aerial part growth of the semi-lignified cuttings of *Th. X citriodorus* [14]



Рис. 6. Влияние аминокислот на рост черенков мяты перечной (L-пролин, L-аланин, DL-аланин, контроль)
Fig. 6. The effect of amino acids on the peppermint cuttings growth (L-proline, L-alanine, DL-alanine, control)

и усиливали образование столонов, за счёт которых в дальнейшем кусты мяты разрастаются и формируют надземные побеги.

Последний этап – высадка растений в грунт у генеративно и вегетативно размноженных растений – одинаков и требует в качестве средства механизации рассадочные машины. В настоящее время их достаточно большой выбор и каждое хозяйство будет решать эту проблему, исходя из финансовых возможностей и площадей. Но в любом случае, предназначенная для овощеводства техника, прекрасно подходит для высадки рассады травянистых культур (мелисса, мята) или кустарничков (тимьян, розмарин, лаванда). Вместе с тем, следует помнить, что у ряда видов достаточно хрупкие надземные части и высаживающий аппарат зажимного типа подходит не всегда. Предпочтение лучше отдать машинам с вертикальным или револьверным высаживающим аппаратом. Наличие припосадочного полива даёт возможность про-

водить посадку практически в любое время за исключением совсем жаркого и засушливого периода в середине лета.

Заключение

Рассадный способ не является волшебным решением сразу всех проблем, он требует вдумчивого подхода в каждом конкретном случае. При кажущихся больших затратах он позволяет сильно сэкономить на стоимости семян, гербицидах и ручных прополках. Широкое внедрение рассадного способа может стать оптимальным решением проблемы недостатка семян, трудностей прямого посева в грунт и продолжительной фазы всходов, ухода после закладки плантации и борьбы с сорняками в первый период. Также не актуальным становится вопрос стабилизации биохимического состава сырья, как, например, в случае использования вегетативного размножения.

Об авторах:

Елена Львовна Маланкина – доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры овощеводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, гл.н.с. лаборатории Ботанический сад ФГБНУ ВИЛАР. автор для переписки, gandurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>

Наталья Геннадиевна Романова – кандидат с.-х. наук, доцент, начальник отдела организации методической работы и контроля качества ГБПОУ ДЗМ «МК № 2»

About the Authors:

Elena L. Malankina – Dr. Sci. (Agriculture), Prof., Correspondence Author, gandurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0646-6904>

Natalya G. Romanova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department for Organization of Methodical Work and Quality Control

• Литература

1. Богомолов С.А., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Сравнительное изучение некоторых биохимических и морфологических особенностей хемотипов *Origanum vulgare* L. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2018;(2):77-85.
2. Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Химический полиморфизм в семействе яснотковые - *Lamiaceae* L. В сборнике: II Международная научная конференция «Роль метаболизма в совершенствовании биотехнологических средств производства» по направлению «Метаболизм и качество жизни». Москва, ВИЛАР, 2019; С.151-158.
3. Савченко О.М. Эффективность обработки корнеобразователями посадочного материала родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.). *Агробиохимический вестник*. 2018; (3):56-60.
4. Nemeth-Zamborine E., Bodor Z. Lavendel (*Lavandula angustifolia* Mill.) und Hybridlavendel (*L.x intermedia* Emeric ex Loisel). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bemburg, 2013;(5):13-22.

Bemburg, 2013;(5):13-22.

5. Novak J., Mönchspfeffer (*Vitex agnus - castus* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bemburg, 2013;(5):192-199.

6. Зотова Е.П., Черднichenко М.Ю. Изучение морфогенного потенциала шалфея зеленого (*Salvia viridis* L.) *in vitro*. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2020; 23 (12):52-55.

7. Shulgina A.A., Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N., Cherednichenko M.Y., Polivanova O.B., Khaliluev M.R., Tarakanov I.G., Baranova E.N. Influence of light conditions and medium composition on morphophysiological characteristics of *Stevia rebaudiana* bertonii *in vitro* and *in vivo*. *Horticulturae*. 2021;7(7). DOI: 10.3390/horticulturae7070195.

8. Калиниченко Л.В., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Сравнительная оценка продуктивности иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) в зависимости от сорта и происхождения образца. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2013; С.171-176.

9. Маланкина Е.Л., Аль Карави Х., Дул В.Н., Козловская Л.Н. Варьирование

содержания и компонентного состава эфирного масла в сырье тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) в зависимости от сорта и происхождения. *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2018;2(20):27-33.

10. Franz Ch., Eizian, Gelber (*Gentiana lutea* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012;(4):375-385.

11. Государственная Фармакопея (XIV издание) Электронный ресурс <https://femb.ru/record/pharmacopea14>. дата обращения 05.01.2023.

12. Калинин Л.В., Маланкина Е.Л., Пржевальский Н.М., Рожкова Е.Н., Грязнов А.П. Как повысить укореняемость иссопа. *Картофель и овощи*. 2013;(8):18-19.

13. Хазиева Ф.М., Савченко О.М. Использование корнеобразователей при вегетативном размножении белладонны. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2020;(134):54-61.

14. Гизатулина П.В., Маланкина Е.Л. Влияние концентрации ауксинового препарата на укореняемость зелёных и одревесневших черенков *Thymus serpyllum* L. и *Thymus X citriodorus* (Pers.) SCHREB. В сборнике: *Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения*. Сборник научных трудов Международной научной конференции. Москва, 2020; С.59-65.

15. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Ковалев Н.И. Способы размножения и приемы повышения биопродуктивности зюника европейского (*Lycopus europaeus* L.). *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2016;19(4):48-53.

16. Сидельников Н.И., Ковалев Н.И. Агротехнические приемы возделывания зюника европейского (*LYCOPUS EUROPAEUS* L.) в условиях центральной Нечерноземной зоны России. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2017;20(7):13-19.

17. Hoppe B. Tendenzen, Probleme und Chancen des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) dem Fachbereich Pharmazie der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von Dipl.-Ing. Bernd Hoppe. Marburg, 2018; 141 p.

18. Koller M., Fritsche-Martin A., Lichtenhahn M., Berge van den, P FiBL. *Biogemüsebau: Anzucht und Einsatz von Jungpflanzen*. 2-e Auflage. 2001.

19. Bomme U., Honermeier B., Hoppe B., Kittler J., Lohwasser U., Marthe F. *Melisse (Melissa officinalis L.)*. *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2013;(5):151-173.

20. Розбитова Е.Д., Маланкина Е.Л. Изучение влияния аминокислотных препаратов на урожай и содержание эфирного масла в сырье лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* MILL.). В сборнике: *Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения*. Сборник научных трудов X Международной научно-практической конференции молодых ученых. Москва, 2022. С. 93-97.

21. Лухменева А.Д. Возделывание выды красильной (*Isatis tinctoria* L.) расадных и безрасадных способом на гребнях. В сборнике: *АГРАРИЯ НАУКА - 2022*. материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. 2022. С. 1819-1822.

22. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М. Роль регуляторов роста и микроудобрений в адаптации лекарственных культур к абиотическим факторам. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017;(S13):176-179.

23. Heuberger H., Lohwasser U., Schmatz R., Tegmeier M. Baldrian (*Valeriana officinalis* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012;(4):375-385.

24. Schenk R., Franke R. Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012;(4):592-611.

25. Маланкина Е.Л., Терехова В.И., Зуйкова Е.Ю. Разработка технологических приемов размножения мяты перечной для органической культуры. *Вестник КрасГАУ*. 2022;3(180):10-16. DOI: 10.36718/1819-40362022-3-10-16

• References

1. Bogomolov S.A., E.L. Malankina, L.N. Kozlovskaya Comparative study of some biochemical and morphological features of *Origanum vulgare* L. chemotypes. *Isvestiya TSHA*. 2018;(2):77-85. (In Russ.) DOI 10.26897/0021-342X-2018-2-78-86.

2. Malankina E.L., L.N. Kozlovskaya Chemical polymorphism in the Lamiaceae family - Lamiaceae L. In the collection: II International Scientific Conference «The Role of Metabolomics in the Improvement of Biotechnological Means of Production» in the direction of «Metabolomics and Quality of Life». Moscow, VILAR, 2019. P.151-158. (In Russ.)

3. Savchenko O.M. The efficiency of processing by root formers the planting material of the roseroot (*Rhodiola rosea* L.). *Agrochemical Bulletin*. 2018;(3):56-60. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10014

4. Nemeth-Zaborine E., Bodor Z. Lavendel (*Lavandula angustifolia* Mill.) and Hybridlavendel (*L.x intermedia* Emeric ex Loisel). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B.

(Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg. 2013;(5):13-22.

5. Novak J., Mönchspfeffer (*Vitex agnus-castus* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg. 2013;(5):192-199.

6. Zotova E.P., Cherednichenko M.Yu. Study of the morphogenic potential of green sage (*Salvia viridis* L.) *in vitro*. *Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2020;23(12):52-55. (In Russ.) DOI: 10.29296/25877313-2020-12-09

7. Shulgina A.A., Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N., Cherednichenko M.Y., Polivanova O.B., Khaliluev M.R., Tarakanov I.G., Baranova E.N. Influence of light conditions and medium composition on morphophysiological characteristics of *Stevia rebaudiana bertonii in vitro* and *in vivo*. *Horticulturae*. 2021;7(7). DOI: 10.3390/horticulturae7070195.

8. Kalinichenko L.V., Malankina E.L., Kozlovskaya L.N. Comparative assessment of the productivity of medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) depending on the variety and origin of the sample. *Isvestiya TSHA*. 2013;(5):171-176. (In Russ.)

9. Malankina E.L., H. Al Karavi, V.N. Dul, L.N. Kozlovskaya The variation of quantitative content and component composition of essential oil in raw materials of common thyme (*Thymus vulgaris* L.) depending on cultivar and origin. *Journal of pharmaceuticals quality assurance issue*. 2018;2(20):27-33. (In Russ.)

10. Franz Ch., Eizian, Gelber (*Gentiana lutea* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012; 4:375-385.

11. State Pharmacopoeia (XIV edition) Electronic resource <https://femb.ru/record/pharmacopea14>. accessed 01/05/2023. (In Russ.)

12. Kalinichenko L.V., Malankina E.L., Przhevalsky N.M., Rozhkova E.N., Gryaznov A.P. How to increase the rooting of hyssop. *Potatoes and vegetables*. 2013;(8):18-19. (In Russ.)

13. Khazieva F.M., Savchenko O.M. The use of root formers in the vegetative propagation of belladonna. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2020;(134):54-61. (In Russ.) DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-54-61

14. Gizatulina P.V., Malankina E.L. Influence of the concentration of the auxin preparation on the rooting rate of green and lignified cuttings of *Thymus serpyllum* L. and *Thymus X citriodorus* (Pers.) SCHREB. In the book: *Modern trends in the development of health-saving technologies*. Collection of scientific papers of the International scientific conference. Moscow, 2020. P.59-65. (In Russ.)

15. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Kovalev N.I. Methods of reproduction and methods of increasing the bioproductivity of the European elk (*Lycopus europaeus* L.). *Bulletin of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2016;19(4):48-53. (In Russ.)

16. Sidelnikov N.I., Kovalev N.I. Agrotechnical methods of cultivation of the European sycamore (*LYCOPUS EUROPAEUS* L.) in the conditions of the central Non-Chernozem zone of Russia. *Bulletin of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2017;20(7):13-19. (In Russ.)

17. Hoppe B. Tendenzen, Probleme und Chancen des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) dem Fachbereich Pharmazie der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von Dipl.-Ing. Bernd Hoppe. Marburg, 2018. 141 p.

18. Koller M., Fritsche-Martin A., Lichtenhahn M., Berge van den, P FiBL. *Biogemüsebau: Anzucht und Einsatz von Jungpflanzen*. 2-e Auflage. 2001.

19. Bomme U., Honermeier B., Hoppe B., Kittler J., Lohwasser U., Marthe F. *Melisse (Melissa officinalis L.)*. *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2013;(5):151-173.

20. Rozbitova E.D., Malankina E.L. Study of the effect of amino acid preparations on the yield and content of essential oil in raw materials of narrow-leaved lavender (*Lavandula angustifolia* MILL.). In the book: *Modern trends in the development of health-saving technologies*. Collection of scientific papers of the X International Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Moscow, 2022. P.93-97. (In Russ.)

21. Lukhmeneva A.D. Cultivation of dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) in seedlings and without seedlings on ridges. In the collection: *AGRARIAN SCIENCE - 2022*. Materials of the All-Russian Conference of Young Researchers. 2022. P.1819-1822. (In Russ.)

22. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M. The role of growth regulators and micro-fertilizers in the adaptation of medicinal crops to abiotic factors. New and non-traditional plants and prospects for their use. 2017;(S13):176-179. (In Russ.)

23. Heuberger H., Lohwasser U., Schmatz R., Tegmeier M. Baldrian (*Valeriana officinalis* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012;(4):375-385.

24. Schenk R., Franke R. Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.). *Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus*. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. /Hoppe, B. (Hrsg.) - Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, 2012;(4):592-611.

25. Malankina E.L., Terechova V.I., Zujkova E.Yu. Peppermint propagation technology development for organic culture. *Bulletin KrasSAU*. 2022;(3):10-16. (In Russ.) DOI: 10.36718/1819-40362022-3-10-16.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-47-53>
УДК 631.15:(631.811.98+631.816)(470.45)

Н.Б. Рябчикова^{1*}, М.С. Корнилова¹,
С.М. Надежкин²

¹ Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" 404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская 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: Рябчикова Н.Б., Корнилова М.С., Надежкин С.М. Экономическая оценка применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений при возделывании арбуза столового в Волгоградском Заволжье. *Овощи России*. 2023;(2):47-53.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-47-53>

Поступила в редакцию: 20.01.2023

Принята к печати: 01.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Natalya B. Ryabchikova^{1*}, Maria S. Kornilova¹,
Sergey M. Nadezhkin²

¹ Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific vegetable center" (BCBES – branch of the FSBSI FSVC) 11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, 404067, Russia

² 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: Ryabchikova N.B., Kornilova M.S., Nadezhkin S.M. Economic assessment of the use of growth regulators and water-soluble fertilizers in the Volgograd Volga region. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):47-53. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-47-53>

Received: 20.01.2023

Accepted for publication: 01.03.2023

Published: 03.04.2023

Экономическая оценка применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений при возделывании арбуза столового в Волгоградском Заволжье



Резюме

Актуальность. В данной статье показаны исследования, проведенные научными сотрудниками агротехнического отдела Быковской бахчевой селекционной станции с 2018 по 2020 годы.

Результаты. Полученные данные позволяют научно обосновать наиболее экономически эффективные приемы и технику обработок растений арбуза столового для повышения урожайности в Волгоградском Заволжье. Показатели экономической эффективности производства позволяют сравнивать результаты хозяйственной деятельности и выявляют производительность работы предприятия за этот период в связи с увеличением применения средств производства и труда. В современных условиях развития сельскохозяйственного производства существует необходимость разработок новых технологий, адаптированных к новым условиям землепользования. В связи с резким снижением за последние годы применения удобрений встала проблема поиска путей максимального использования биологического фактора. Для получения стабильных урожаев необходимо повысить адаптивные возможности растений к экстремальным условиям, в которых выращиваются бахчевые культуры в зоне промышленного бахчеводства Волгоградского Заволжья. Одним из них является использование регуляторов роста растений и водорастворимые удобрения. Одним из преимуществ этих препаратов является простота, разнообразие способов их применения и не высокая себестоимость. По данным экономической эффективности видно, что наилучшими вариантами являлась фолиарная обработка растений арбуза столового. В первом опыте регулятор Фитозонт, во втором водорастворимое удобрение Хакафос с полунормой (0,9), в третьем опыте наилучшие результаты показал вариант при фолиарной обработке регулятором роста в сочетании с водорастворимым удобрением Вигор Форте + Агровин Профи в дозировке (0,05+0,5).

Ключевые слова: арбуз столовый, урожайность, экономическая эффективность, рентабельность, прибыл, регуляторы роста, водорастворимые удобрения

Economic assessment of the use of growth regulators and water-soluble fertilizers in the Volgograd Volga region

Abstract

Relevance. This article shows the research conducted by researchers from the agrotechnical department of the Bykovskaya melon breeding station from 2018 to 2020.

Results. The data obtained make it possible to scientifically substantiate the most cost-effective methods and techniques for treating table watermelon plants to increase productivity in the Volgograd Trans-Volga region. Indicators of economic efficiency of production make it possible to compare the results of economic activity and reveal the productivity of the enterprise for this period in connection with an increase in the use of means of production and labor. In modern conditions of development of agricultural production, there is a need to develop new technologies adapted to the new conditions of land use. In connection with the sharp decline in recent years in the use of fertilizers, the problem arose of finding ways to maximize the use of the biological factor. To obtain stable yields, it is necessary to increase the adaptive capabilities of plants to extreme conditions in which gourds are grown in the zone of industrial melon growing in the Volgograd Trans-Volga region. One of them is the use of plant growth regulators and water-soluble fertilizers. One of the advantages of these drugs is their simplicity, variety of methods of their application and low cost. According to the cost-effectiveness data, it can be seen that the foliar treatment of table watermelon plants was the best option. In the first experiment, the Fitozont regulator, in the second, the water-soluble fertilizer Khakafos with one and a half norm (0.9), in the third experiment, the best results were shown by the variant with foliar treatment with a growth regulator in combination with the water-soluble fertilizer Vigor Forte + Agrovin Profi at a dosage of (0.05+0.5).

Keywords: table watermelon, productivity, economic efficiency, profitability, profit, growth regulators, water-soluble fertilizers

Введение

Основной задачей современного сельского хозяйства является получение стабильной высококачественной продукции и стремление к сокращению затрат, как трудовых так и материальных [1]. Применение регуляторов роста и водорастворимых удобрений является одним из основных путей достижения этой цели [2,3,4].

Для экономической оценки применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений требуется определить влияние каждого из них на урожайность и качество получаемой продукции [5,6], а также рассчитать экономическую эффективность, то есть соизмерить дополнительные затраты, которые необходимы для проведения агротехнических действий с улучшением качественных и количественных показателей полученной продукции [7]. Чем выше темпы роста валовой и товарной продукции, прибыли и производительности труда по сравнению с темпами возрастания затрат, тем эффективнее идет процесс производства [8].

Природные ресурсы зоны возделывания бахчевых культур характеризуется двумя основными компонентами – климатом и почвой. Генетическая и биологическая общность бахчевых культур в отношении к внешним факторам среды обусловило их возможность возделывания в определенной географической зоне [9,10,11].

Характерными особенностями климата сухостепного Заволжья являются засушливость и резко выраженная континентальность. На всей территории господствует антициклонический режим погоды. Наблюдается повышенная ветровая деятельность, частые пыльные бури. Максимальная скорость ветра достигает до 35 м/с, суховейных дней до 40-60 в год [12].

Бахчевые культуры могут нормально произрастать, вегетировать и плодоносить только при определенных параметрах температурного режима [13].

Территория зоны исследований располагает значительными тепловыми ($t \text{ } 5^{\circ}\text{C} = 2900\text{...}3550$; $t \text{ } 10^{\circ}\text{C} = 2700\text{...}3300$) ресурсами, продолжительным периодом

активной вегетации (155...170 дней), но имеет низкую влагообеспеченность (243...400 мм, при испаряемости 800...1200 мм.) [14].

Метеорологические условия за трёхлетний период складывались неординарно. В 2018 году общее количество осадков за вегетационный период было выше среднемноголетних данных на 16,1%. В апреле выпало 19 мм осадков, в мае 44 мм. В июне осадки отсутствовали. В июле осадки превысили среднемноголетние данные в 4 раза и составили 167 мм. В августе наблюдалось практически полное отсутствие осадков, их всего выпало 3 мм. В сентябре, когда осадки были уже практически не нужны, выпало 52 мм.

Превышение температуры воздуха, по сравнению со среднемноголетними данными, наблюдалась в мае, июле и сентябре.

Высокие температуры воздуха в июне отрицательно повлияли на рост и завязывание плодов. Дожди, выпавшие в июле, привели к росту плодов и затянули период созревания.

В исследуемом 2019 году, в первой половине вегетации, интенсивного роста и развития растений, среднемесячные температуры воздуха превышали среднемноголетние значения от $+0,5^{\circ}\text{C}$ до $+1,5^{\circ}\text{C}$. В период формирования плодов температура была ниже среднемноголетних значений на $2,1\text{--}2,6^{\circ}\text{C}$, при высоких максимальных и низких минимальных показателях (рис. 1). Поэтому, из-за высоких дневных температур воздуха на плодах появились сильные ожоги, что привело к их непригодности на товарные цели. Бахчевые культуры, их рост и развитие, напрямую зависят от осадков и сроков их выпадения. Несмотря на то, что общее количество осадков в вегетацию превысило среднемноголетние значения на 7,3%, из них более 33% не имели положительного влияния, так как не усваивались растениями из-за крайне низкого количества за одно выпадение. Обильные дожди в июле, наряду с пониженными температурами воздуха, оказали отрицательное воздействие на плоды бахчевых культур. Из-за переизбытка влаги отмечалось растрескивание плодов, что привело к их непригодности на товарные цели. В апреле

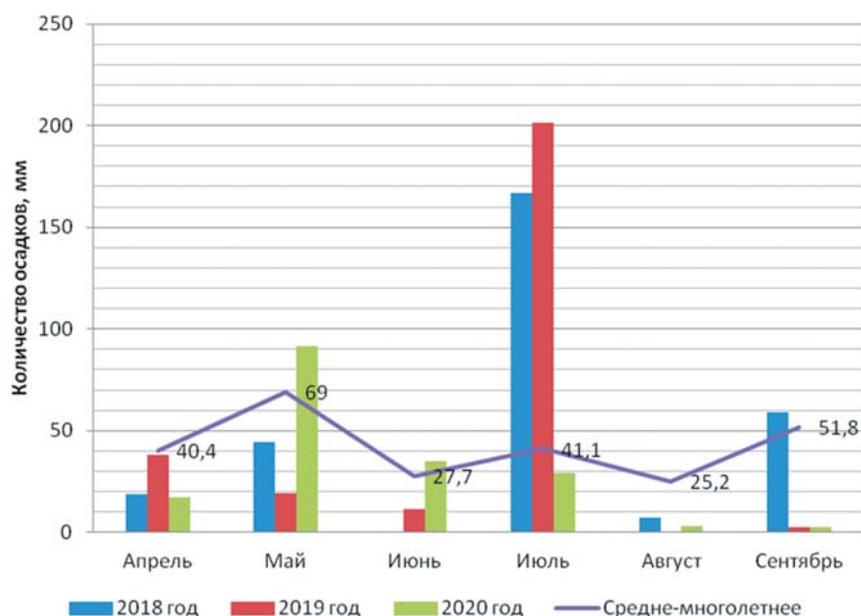


Рис. 1. Количество осадков, мм
Fig. 1. Precipitation, mm

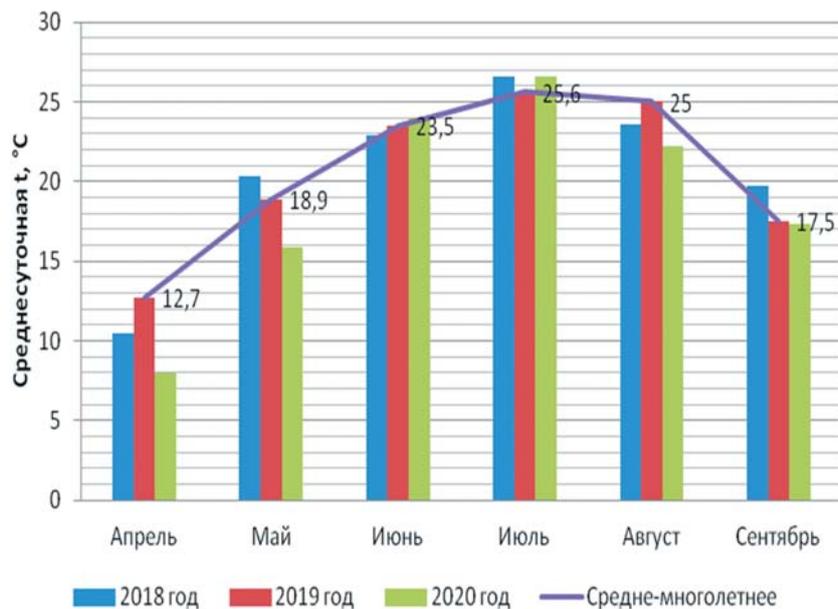


Рис. 2. Среднесуточная температура, °C
Fig. 2. Average daily temperature, °C

выпало 41 мм осадков, в мае 19 мм, в июне 10 мм. В июле выпало рекордное количество осадков – 200 мм. В августе не наблюдалось. В сентябре выпало 2 мм осадков. Всего в вегетационный период 2019 года выпало 272 мм осадков.

Метеорологические условия 2020 года складывались следующим образом. Общее количество осадков за вегетационный период было ниже среднемноголетних данных на 30%. Общее количество осадков было выше в мае на 32%, и июне – на 27%. А в июле – на 29%, августе – 11,5%, сентябре – 50,2% ниже по сравнению среднемноголетними данными. Превышение температуры воздуха, по сравнению со среднемноголетними данными, наблюдалась в июне и в июле.

Повышение температур по сравнению со среднемноголетними данными наблюдалось только в июне и июле. Высокие температуры воздуха в июне отрицательно повлияли на завязывание плодов.

Цель исследований заключалась в научном обосновании совершенствования технологии возделывания арбуза в условиях сухостепного Заволжья с помощью применения новых видов и форм удобрений, содержащих в своем составе микроэлементы и регуляторов роста, обеспечивающих реализацию потенциальной урожайности культуры.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- выявить влияние удобрений и регуляторов роста на особенности формирования урожая, урожайность и структуру урожая арбуза;
- определить экономическую и энергетическую эффективность использования новых видов удобрений и регуляторов роста.

Материалы и методика исследований

Исследования проведены с использованием методических указаний, методик и Государственных и отраслевых стандартов, в т.ч. С.С Литвинов «Методика полевого опыта в овощеводстве», 2011; В.Ф. Белик, Г.А. Бондаренко «Методические указания по агротехническим и физиологическим исследованиям с овощными и

бахчевыми культурами», 1979; А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др. «Методы биохимического исследования растений», 3-е издание и др., и современных приборов: плазменного фотометра, термостата, иономер ЭВ-75, КВК-3 и др. Метод – лабораторно-полевой, Методика полевого опыта Доспехов Б.А.

Агротехника в опытах общепринятая для выращивания бахчевых культур.

После уборки озимой ржи проводили лушение стерни для уничтожения пожнивных-корневых остатков и провоцирования всходов сорняков, которые в дальнейшем уничтожались при осенней вспашке на глубину 0,27-0,30 м.

Основную обработку раннего пара проводили весной при физической спелости почвы. Уход заключался в ранневесеннем бороновании и двукратной культивации, первая на глубину 0,12-0,14 м., вторая на глубину заделки семян 0,06-0,08 м. Семена перед посевом замачивали в регуляторах роста при комнатной температуре согласно инструкции.

При выборе срока сева арбуза столового необходимо учитывать не только температуру почвы, но и наличие влаги, так как с нарастанием температуры происходит быстрое иссушение верхнего слоя почвы, что приводит к более поздним и изреженным всходам.

Уход за посевами состоит из двух-трех междурядных обработок и двух ручных прополок в рядах с прореживанием посевов для формирования густоты стояния растений. Уборка проводится вручную сплошным способом однократно после массового созревания плодов.

Объектом исследований во всех опытах являлся сорт арбуза раннего срока созревания Триумф. Включён в Госреестр по Российской Федерации в 2011 году. Сорт раннеспелый. Растение длинноплетистое. Листовая пластинка рассеченная, среднего размера. Плод округлой формы, светло-зеленый с темно-зелеными полосами средней ширины. Масса плода – 7-12 кг. Мякоть красная, нежная. Содержание сухих веществ в соке плода – 10,6-11,8%, общего сахара – от 9,50 до 10,20%. Семена мелкие, коричневые с крапчатостью. Масса 1000 семян – 43 г. Урожайность – 25-30 т/га.

Также объектами исследований являются нижеперечисленные водорастворимые удобрения и регуляторы роста.

Циркон – природный иммуномодулятор, корнеобразователь, индикатор цветения и плодообразования, выжимка из растения семейства Астровых (Эхинацея пурпурная), д.в. – гидроксикоричные кислоты 0,1 г/л.

Энерген Экстра – природный препарат, производится из бурого угля, д.в. калиевые соли гуминовых кислот 850 г/кг.

Гумат калия ВР20 – органоминеральное удобрение, производится из леонардита (бурого угля), д.в – 85-90% гуминовых кислот, содержит: калий – 12%, фосфор – 12%, магний – 160 мг/л, железо – 1470 мг/л, кальций – 38 мг/л и микроэлементы: медь – 5 мг/дм³, марганец – 1,1 мг/дм³, цинк – 8,3 мг/дм³, кобальт – 5,8 мг/дм³, никель – 11 мг/дм³, молибден – более 40 мкг/дм³.

Фитозонт универсальный – природный препарат, д.в. 0,00152 г/л - аланина + 0,00196 г/л L-глутаминовой кислоты.

Новалон Фолиар – комплексное водорастворимое удобрение, состав: азот – 9%, фосфор – 12%, калий – 40%, S – 0,4%, Mg – 0,5%, Fe – 0,12%, Mn – 0,06%, Zn – 0,06%, Cu – 0,04%, B – 0,03%, Mo – 0,005%;

Хакафос – комплексное водорастворимое удобрение, состав: азот – 20%, фосфор – 20%, калий – 20%, S – 1,2%, Mg – 0,5%, Fe – 0,10%, Mn – 0,10%, Zn – 0,038%, Cu – 0,04%, B – 0,013%, Mo – 0,003%.

Агровин Амино – комплекс аминокислот растительного происхождения, состав: аминокислот – 26%, азот – 4,2%;

Агровин Универсал – водорастворимое удобрение с микроэлементами и аминокислотами, состав: B – 6,5%, Mn – 6,2%, S – 7,2% Mg – 2,2%, F – 0,15%, Zn – 0,15%, Cu – 0,05%, K – 0,02%, аминокислот (в аминокислотной форме) – 1%;

Агровин Профи – водорастворимое удобрение с микроэлементами и аминокислотами, состав: B – 5,6%, Mn – 11,0%, S – 7,1% Mg – 0,1%, F – 0,15%, Zn – 5,0%, Cu – 0,05%, K – 0,02%, аминокислот (в аминокислотной форме) - 1%;

Вигор Форте – регулятор роста с корректирующим комплексом микроэлементов и NPK, состав: N – 5,3%, P – 7,8%, K – 14,5%, Mg – 4,0%, F – 1,1%, Mn – 0,48%, Zn – 1,0%, Cu – 0,9%, B – 0,3%, Mo – 0,05%.

NPK комплекс – 18-18-18 + S-3% + Mg-0,5% + Fe-0,1% + Mn-0,1% + Cu-0,04% + Zn-0,04% + B-0,013% + Mo-0,003%.

Данные препараты включены в список разрешенных для применения на культуре арбуза столового.

Регуляторы роста применяли в виде обработки семян перед посевом и 2-х кратной обработки растений во время вегетации в фазы плетевое образование и через 10 дней (перед смыканием плетей) нормами:

- замачивание семян: Циркон – 1 мл/1 л воды, Энерген – 6 г/1 л воды, Гумат калия ВР20 – 100 мл/1 л воды, Фитозонт – 1 мл/1 л воды. Срок замачивания – 3 часа;

Таблица 1. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество арбуза столового (среднее 2018-2020 годы)
Table 1. The influence of growth regulators on the yield and quality of table watermelon (average 2018-2020)

Варианты опыта	Средняя масса стандартного плода, кг	Урожайность, т/га	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
Без обработок (чистый контроль)	4,8	12,9	10,1	33,8
Замачивание семян (вода)	5,1	14,0	10,2	34,4
Обработка растений (вода)	5,9	14,3	10,3	30,9
Циркон (замачивание семян)	6,2	16,7	10,0	31,8
Циркон (обработка растений)	5,8	19,6	9,9	33,3
Энерген (замачивание семян)	5,9	15,0	10,4	32,4
Энерген (обработка растений)	6,2	16,0	10,3	32,8
Гумат калия (замачивание семян)	5,8	14,4	9,9	33,9
Гумат калия (обработка растений)	6,1	16,3	10,3	35,1
Фитозонт (замачивание семян)	6,2	18,5	10,4	36,7
Фитозонт (обработка растений)	6,3	21,4	10,9	38,4
НСР ₀₅		0,27	0,60	0,93

Таблица 2. Влияние водорастворимых удобрений на урожайность и качество арбуза столового (среднее за 2018-2020 годы)
Table 2. The effect of water-soluble fertilizers on the yield and quality of table watermelon (average for 2018-2020)

Варианты опыта	Средняя масса стандартного плода, кг	Урожайность, т/га	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
Без обработок (контроль)	4,3	15,1	9,7	24,7
Обработка растений (вода)	4,6	16,3	10,0	23,1
Новалон Фолиар (0,6)	5,1	17,4	10,5	31,5
Новалон Фолиар (0,9)	5,5	17,0	10,2	34,9
Хакафос (0,6)	5,1	17,8	10,3	30,1
Хакафос (0,9)	5,3	18,6	10,2	33,7
НСР ₀₅		0,21	0,64	0,98

Таблица 3. Влияние регулятора роста в сочетании с водорастворимыми удобрениями на урожайность и качество арбуза столового (среднее за 2018-2020 годы)
 Table 3. The effect of a growth regulator in combination with water-soluble fertilizers on the yield and quality of table watermelon (average for 2018-2020)

Варианты	Средняя масса стандартного плода, кг	Урожайность, т/га	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
Без обработок (чистый контроль)	4,9	16,1	10,2	30,2
Обработка растений (вода)	5,2	16,0	9,9	30,1
Агровин Амино + Агровин Универсал +NPK комплекс (0,25+0,5+0,5)	6,0	17,3	10,0	36,9
Вигор Форте + Агровин Универсал(0,025+0,5)	6,0	19,5	9,1	37,9
Вигор Форте + Агровин Универсал (0,05+0,5)	6,2	21,1	9,9	34,9
Вигор Форте + Агровин Универсал + NPK комплекс (0,05+0,5+0,5)	6,1	21,9	10,0	35,8
Вигор Форте + Агровин Профи (0,025+0,5)	5,9	20,1	10,8	35,4
Вигор Форте + Агровин Профи (0,05+0,5)	5,9	21,6	10,1	32,8
НСР₀₅		0,24	0,70	0,89

обработка растений: Циркон – 1 мл/10 л воды, Энерген Экстра – 6 г/10 л воды, Гумат калия ВР20 – 100 мл/10 л воды, Фитозонт – 1 мл/10 л воды. Рабочий раствор – 300 л/га.

Виды удобрений применяются по вегетирующим растениям в фазах: "начало плетевосстановления" + 10 дней ("перед смыканием плетей") нормами 600 и 900 г/ 100 л. Норма рабочего раствора – 300 л/га.

Изучаемые препараты – регулятор роста Вигор Форте с линейкой водорастворимых удобрений Агровин применяются по вегетирующим растениям в фазах "начало плетевосстановления" + 14 дней (перед смыканием плетей) дозами:

- Агровин Амино – 2,5 мл/л; Агровин Универсал – 2,5 г/л; NPK комплекс – 2,5 г/л; Вигор Форте – 0,125 г/л и 0,25 г/л; Агровин Профи – 2,5 г/л. Рабочий раствор – 200 л/га.

Одним из важнейших критериев оценки разработанной нами технологии выращивания арбуза столового, являются экономические показатели. Экономическая эффективность, это результат действия средств в стоимостных показателях и выражается в форме стоимости продукции, которая в свою очередь, определяется ценой реализации, чистого дохода, окупаемости затрат

и величины себестоимости. Проведенные нами исследования показали, что в условиях сухостепной зоны Волгоградского Заволжья применение в технологии возделывания арбуза столового регуляторов роста и водорастворимых удобрений для foliarной обработки растений во время вегетации, оказывает существенное влияние на урожайность и качество полученной продукции и соответственно на экономические показатели. Рекомендуемые нами приёмы применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений сопряжено с трудовыми и материальными затратами, вложение которых выгодно лишь тогда, когда доход от дополнительно полученной продукции превышает расходы, связанные с произведенными затратами. Производственные расчёты экономической эффективности при применении регуляторов роста и водорастворимых удобрений показали, что прибыль была получена по всем вариантам. Применения регуляторов роста и водорастворимых удобрений показало увеличение трудовых и материальных затрат, но при этом прибыль возрастает за счёт более высоких урожаев и качества полученной продукции. Так же экономические показатели зависят как от спроса произведенной продукции, так и от товарного качества плодов арбуза столового, а как показали

Таблица 4. Экономическая эффективность выращивания арбуза столового с применением регуляторов роста (среднее за три года, 2018-2020 годы)
 Table 4. Economic efficiency of growing table watermelon with the use of growth regulators (average for three years 2018-2020)

Показатели	Без обработок контроль	Обработка семян водой	Обработка растений водой	Цирконобработка семян	Цирконобработка растений	Энергенообработка семян	Энергенообработка растений	Гумат калия обработка семян	Гумат калия обработка растений	Фитозонт обработка семян	Фитозонт обработка растений
Урожайность, т/га	10,4	12,1	12,4	14,5	18,0	13,6	15,3	12,8	15,1	16,6	19,5
Затраты на 1 га, тыс.руб.	12,9	13,4	13,7	14,9	16,5	14,9	16,5	14,0	16,0	15,5	17,5
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	20,8	24,2	24,8	29,0	36,0	27,2	30,6	25,6	30,2	33,2	39,0
Себестоимость 1 т, руб.	1240	1107	1105	1028	917	1096	1078	1094	1060	934	897
Прибыль, тыс. руб./га	7,9	10,8	11,4	14,1	19,5	12,3	14,1	11,6	14,2	17,7	21,5
Уровень рентабельности, %	61,2	80,6	81,0	94,6	118,2	82,6	85,5	83,6	82,9	114,2	122,9
Окупаемость затрат, прибыль на 1 руб. затрат, руб.	0,61	0,81	0,81	0,95	1,18	0,83	0,86	0,84	0,83	1,14	1,23

исследования все приведённые данные находятся на достаточно высоком уровне (урожайность, средняя масса плода, биохимические показатели).

По представленным данным (табл. 4) наилучшим и более экономически эффективным был препарат Фитозонт (фолиарная обработка растений), по отношению к чистому контролю. В данном варианте урожайность и стоимость валовой продукции выросла на 87,5%. При увеличении затрат на 1 га на 35,7%, прибыль увеличилась на 172,0%, а себестоимость 1 т продукции снизилась на 27,7%. Также при применении данного препарата повысился уровень рентабельности на 98,0%. Окупаемость составила 1,23 руб. на каждый затраченный 1 руб.

Сравнив экономические показатели оставшихся исследуемых вариантов регуляторов роста с данными без обработок (контроль) растений арбуза столового, видим, что высокие показатели при фолиарной обработке растений и у регулятора роста Циркон. Урожайность и стоимость валовой продукции выросла на 73,1%, также повысились и затраты на 1 га (на 27,9%). Несмотря на увеличение затрат, себестоимость 1 т продукции снизилась на 26,0%. Увеличение прибыли на 146,8% привели к повышению рентабельности на 93,0%.

При сравнительной оценке экономических показателей исследуемых вариантов применения водорастворимых удобрений с данными без обработок (контроль), получили следующие результаты (табл. 5). Лучшие показатели проявились при использовании в виде фолиарных обработок увеличенной нормой водорастворимого удобрения Хакафос (0,9). Урожайность увеличилась на 35,9%, так же, как и стоимость валовой продукции. При увеличении затрат на 24,8%, себестоимость 1 т продукции снизилась на 8,1%. Прибыль и рентабельность возросли на 46,6% и 17,5% соответственно.

У оставшихся препаратов экономические показатели так же находятся на достаточно высоком уровне.

Из данных таблицы по экономической эффективности выращивания арбуза столового с применением водорастворимых удобрений Агровин в сочетании с регулятором роста Вигор Форте по отношению к контролю (без обработок) видно, что лучшие результаты получены при фолиарной обработке регулятором роста в сочетании с водорастворимым удобрением Вигор Форте + Агровин Профи в дозировке (0,05+0,5) (табл. 6). Урожайность по отношению к контрольному варианту выросла на 53,4%. При увеличенных затратах себестоимость продукции снизилась на 19,7%.

Таблица 5. Экономическая эффективность выращивания арбуза столового с применением водорастворимых удобрений (среднее за три года 2018-2020 годы)

Table 5. Economic efficiency of growing table watermelon with the use of water-soluble fertilizers (average for three years 2018-2020)

Показатели	Без обработок (контроль)	Обработка растений (вода)	Новалон Фолиар (0,6кг)	Новалон Фолиар (0,9кг)	Хакафос (0,6кг)	Хакафос (0,9кг)
Урожайность, т/га	13,1	14,1	16,5	15,9	16,3	17,8
Затраты на 1 га, тыс. руб.	12,9	13,7	15,1	15,2	15,5	16,1
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га.	26,2	28,2	33,0	31,8	32,6	35,6
Себестоимость 1 т, руб.	984	972	915	956	951	904
Прибыль, тыс. руб./га	13,3	14,5	17,9	16,6	17,1	19,5
Уровень рентабельности, %	103,1	105,8	118,5	109,2	110,3	121,1
Окупаемость затрат, прибыль на 1 руб. затрат, руб.	1,03	1,06	1,19	1,09	1,10	1,21

Таблица 6. Экономическая эффективность выращивания арбуза столового с применением водорастворимых удобрений Агровин и регулятора роста Вигор Форте (среднее за три года 2018-2020 годы)

Table 6. Economic efficiency of table watermelon cultivation with the use of water-soluble fertilizers Agrovин and Vigor Forte growth regulator (average for three years 2018-2020)

Показатели	Без обработок контроль	Обработка растений (вода)	Агровин Амино + Агровин Универсал + NPK комплекс (0,25 г + 0,5 г + 0,5 г)	Вигор Форте + Агровин Универсал (0,025 г + 0,5 г)	Вигор Форте + Агровин Универсал (0,05 г + 0,5 г)	Вигор Форте + Агровин Универсал + NPK комплекс (0,05 г + 0,5 г + 0,5 г)	Вигор Форте + Агровин Профи (0,025 г + 0,5 г)	Вигор Форте + Агровин Профи (0,05 г + 0,5 г)
Урожайность, т/га	13,3	13,5	15,5	17,0	18,8	19,5	18,8	20,4
Затраты на 1 га, тыс.руб.	12,9	13,7	15,2	14,9	15,0	15,9	16,8	17,4
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	26,6	27,0	31,0	34,0	37,6	39,0	37,6	40,8
Себестоимость 1 т, руб.	970	1014	981	876	798	815	894	779
Прибыль, тыс. руб./га	13,7	13,3	15,8	19,1	22,6	23,1	20,8	24,9
Уровень рентабельности, %	106,2	97,1	103,9	128,2	150,7	145,3	123,8	143,1
Окупаемость затрат, прибыль на 1 руб. затрат, руб.	1,06	0,97	1,03	1,28	1,50	1,45	1,23	1,43

Прибыль увеличилась на 81,8%. Окупаемость затрат составила 1 рубль 43 копейки на каждый затраченный рубль.

Заключение

По сравнительной оценке экономических показателей видно, что наибольшая прибыль 24900 руб. на 1 га зафиксирована при применении регулятора роста Вигор Форте в сочетании с водорастворимым удобрением Агровин Профи с нормой (0,05+0,5), а

наибольшая рентабельность 150,7% – в варианте с применением регулятора роста Вигор Форте в сочетании с водорастворимым удобрением Агровин Универсал с нормой (0,05+0,5). Данные исследования являются экономически выгодными и имеют перспективы развития в направлении совершенствования технологий возделывания арбуза столового за счёт разработки сортовых технологий для новых сортов Быковской бахчевой селекционной станции.

Об авторах:

Наталья Борисовна Рябчикова – научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>, Scopus ID 57487936900, Researcher ID АБГ-7145-2021, автор для переписки, BBSOS34@yandex.ru

Мария Сергеевна Корнилова – научный сотрудник отдела селекции, <https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>, Scopus ID 57219358478, Researcher ID АБГ-7787 – 2021.

Сергей Михайлович Надежкин – доктор биол. наук, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, nadejgs@yandex.ru

About the Authors:

Natalya B. Ryabchikova – Researcher at the Department of Agricultural Technology and Primary Seed Production, <https://orcid.org/0000-0002-2428-1391>, Scopus ID 57487936900, Researcher ID ABG-7145-2021, Correspondence Author, BBSOS34@yandex.ru

Maria S. Komilova – Researcher, Breeding Department, <https://orcid.org/0000-0003-2030-7838>, Scopus ID 57219358478, Researcher ID ABG-7787 – 2021.

Sergey M. Nadezhkin – Doc. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, nadejgs@yandex.ru

• Литература

- Koleboshina T.G., Egorova G.S., Ryabchikova N.B., Okolelova A.A., Nefedeva E.E. Ecological safety and effectiveness of the growth regulator Vigor Forte and Agrovin fertilizers in the technology of growing of watermelon. AGRITECH-VI-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022) 022026 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/981/2/022026
- Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Влияние внекорневого питания ростостимулирующими препаратами на урожайность и качество бахчевых культур. *Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021;2(62):119-131.
- Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Использование комплексных биопрепаратов при возделывании бахчевых культур на орошаемых землях Северного Прикаспия. *Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021;2(62):93-102.
- Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
- Колебошина Т.Г., Фомин С.Д., Рябчикова Н.Б., Вербитская О.Г. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья. *Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее образование*. 2020;1(57):107-116.
- Oberoi D.P.S., Sogi S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. *Food Chemistry*. 2017;(232):1-7.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Сулова В.А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество плодов арбуза в условиях открытого грунта Волгоградского Заволжья. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018;3(72):315-320.
- Сухов А.Н., Имангалиев К.А., Имангалиева А.К. Агроэкономические основы полевых севооборотов обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья. Волгоград: Волгогр. ГСХА, 2011. 192 с.
- NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. *J. Am. Soc. Hortic. Sc.* 1999;124(5)458-461.
- Рябчикова, Н.Б., Колебошина Т.Г. Эта удивительная тыква. *Сборник трудов международной научной конференции «Перспективы лекарственного растениеводства»*. М. 2018. С. 254-259.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С., Гузенко О.В. Влияние минеральных удобрений на развитие, урожайность и качество плодов дыни. Материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий. 2019. Т. 1. С.172-179.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С., Белов С.И. Эффективность применения новых видов и норм водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья. *Труды Кубанского ГАУ*. 2019. С. 67-71.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С. Влияние регуляторов роста на лабораторную всхожесть семян арбуза. *Орошаемое земледелие*. 2020;(1):34-37.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Толочек С.С., Максимова Н.С. Действие различных видов и доз водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза и дыни. *Сб. Волгоградского ГАУ*. 2019. С. 331-338.

• References

- Koleboshina T.G., Egorova G.S., Ryabchikova N.B., Okolelova A.A., Nefedeva E.E. Ecological safety and effectiveness of the growth regulator Vigor Forte and Agrovin fertilizers in the technology of growing of watermelon. AGRITECH-VI-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022) 022026 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/981/2/022026
- Bondarenko A.N., O.V. Kostyrenko The influence of foliar nutrition with growth-stimulating drugs on the yield and quality of melon crops. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrarian and University Complex: science and higher professional education*. 2021;2(62):119-131. (In Russ.)
- Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. The use of complex biological products in the cultivation of melon crops on irrigated lands of the Northern Caspian. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrarian and University Complex: science and higher professional education*. 2021;2(62):93-102. (In Russ.)
- Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
- Koleboshina T.G., Fomin S.D., Ryabchikova N.B., Verbitskaya O.G. Comparative assessment of various types of fertilizers and methods of their application in the cultivation of melon crops in the conditions of the Volgograd Volga region. *News of the Nizhnevolzhsky Agrarian and University Complex: science and higher education*. 2020;1(57):107-116. (In Russ.)
- Oberoi D.P.S., Sogi S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. *Food Chemistry*. 2017;(232):1-7.
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G., Suslova V.A. The influence of growth stimulants on the yield and quality of watermelon fruits in the open ground conditions of the Volgograd Volga region. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018;3(72):315-320. (In Russ.)
- Sukhov A.N., Imangaliev K.A., Imangalieva A.K. Agroecological bases of field crop rotations tillage in adaptive landscape agriculture in the dry-steppe and semi-desert zones of the Lower Volga region. Volgograd: Volgogr. GSHA, 2011. 192 p. (In Russ.)
- NeSmith D.S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. *J. Am. Soc. Hortic. Sc.* 1999;124(5)458-461.
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G. This amazing pumpkin. *Proceedings of the international scientific conference "Prospects of medicinal plant science"*. M., 2018. pp. 254-259. (In Russ.)
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G., Shaposhnikov D.S., Guzenko O.V. The influence of mineral fertilizers on the development, yield and quality of melon fruits. Materials of the International scientific and practical conference held within the framework of the International Scientific and Practical Forum dedicated to the 75th anniversary of the Volgograd State Agrarian University Development of agro-industrial complex based on the principles of rational nature management and the use of convergent technologies. 2019. vol. 1. pp.172-179. (In Russ.)
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G., Shaposhnikov D.S., Belov S.I. The effectiveness of the use of new types and norms of water-soluble fertilizers in the technology of growing table watermelon in the conditions of the Volgograd Volga region. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2019. pp. 67-71. (In Russ.)
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G., Shaposhnikov D.S. Influence of growth regulators on laboratory germination of watermelon seeds. *Irrigated agriculture*. 2020;(1):34-37. (In Russ.)
- Ryabchikova N.B., Koleboshina T.G., Tolochek S.S., Maksimova N.S. The effect of various types and doses of water-soluble fertilizers in the technology of growing watermelon and melon. *Collection of Volgograd State Agrarian University*. 2019. pp. 331-338. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-54-64>
УДК 635.11:577.118/.121

Diana V. Sokolova*,
Tatyana V. Shelenga,
Alla E. Solovieva

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

*Correspondence Author: dianasokol@bk.ru

Funding: The research was funded in the framework of the State Assignment to VIR in accordance with the theme plan, Topic No. 0662-2019-0003 "Genetic resources of vegetable and cucurbit crops in the VIR global collection: effective ways to expand diversity, reveal regularities in hereditary variation, and use the adaptive potential", registered in the Unified State Information System for Accounting of Scientific Research, Experimental Design and Technological Works for Civilian Purposes under No. AAAA-A19-119013090157-1.

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 D.V., Shelenga T.V., Solovieva A.E. Primary metabolites and betanin: their interplay in the roots of Table Beet (*Beta vulgaris* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):54-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-54-64>

Received: 22.01.2023

Accepted for publication: 07.02.2023

Published: 03.04.2023

Д.В. Соколова,
Т.В. Шеленга,
А.Е. Соловьева

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

*Автор для переписки: dianasokol@bk.ru

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Государственного задания ВИР в соответствии с планом темы № 0662-2019-0003 «Генетические ресурсы овощебахчевых культур в глобальной коллекции ВИР: эффективные пути расширения разнообразия, выявления закономерности наследственной изменчивости и использования адаптационного потенциала» № AAAA-A19-119013090157-1.

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: Sokolova D.V., Shelenga T.V., Solovieva A.E. Primary metabolites and betanin: their interplay in the roots of Table Beet (*Beta vulgaris* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):54-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-54-64>

Поступила в редакцию: 22.01.2023

Принята к печати: 07.02.2023

Опубликована: 03.04.2023

Primary metabolites and betanin: their interplay in the roots of Table Beet (*Beta vulgaris* L.)



Abstract

Relevance. The main source of the natural pigment betanin is table beet, known for its medicinal and antioxidant properties, earliness and long shelf life, rich in bioactive compounds, minerals and vitamins. This research was induced by the lack of information required by breeders to increase betanin content in beet. Metabolite profiling is an effective way to assess the interplay between individual metabolites and betanin content in table beet.

Materials and methods. The material was selected from the the N.I. Vavilov Institute of plant industry (VIR) collection. Biochemical analysis was based on VIR's guidelines, and metabolite profiling on gas chromatography, coupled with mass spectrometry.

Results. 17 free amino acids were found in the beet root extract. The greatest number of positive correlations with other amino acids ($r > 0.72$) was found in tyrosine, alanine and phenylalanine. A significant ($r = -0.66$) negative correlation was observed between betanin and succinic acid, credibly associated with betalamic acid. Sucrose predominated among carbohydrates (95%). Sucrose and maltose showed a weak positive correlation with betanin. Unsaturated oleic and saturated palmitic acids dominated among fatty acids (52% and 20% of total fatty acids, respectively). Earlier-ripening and cold-resistant table beet accessions showed a predominance of unsaturated fatty acids and lower betanin content. The disclosed interactions are important for betanin-rich red beet breeding.

Keywords: Red beet, betalains, betanin, free amino acids, organic acids, carbohydrates, fatty acids

Взаимосвязь первичных метаболитов и бетанина в корнеплодах свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.)

Резюме

Актуальность. Беталаины это водорастворимые, тирозин-производные пигменты, подразделяющиеся на желто-окрашенные бетаксантины и красно-фиолетовые бетацианины. Наибольшая доля в группе бетацианинов приходится на бетанин, используемый в качестве натурального красителя красного цвета. Основным источником бетанина является высокоурожайная корнеплодная культура – свекла столовая, характеризующаяся лечебными, антиоксидантными свойствами, скороспелостью, длительной сохранностью корнеплодов, а также высоким содержанием биологически активных веществ, минеральных элементов и витаминов. Это исследование было вызвано недостатком информации, необходимой для селекционной работы по увеличению содержания бетанина в свекле.

Материалы и методы. Изучение метаболитного профиля использовано в качестве эффективного способа оценки и поиска взаимосвязи показателей отдельных метаболитов с содержанием бетанина у группы перспективных образцов столовой свеклы из коллекции ВИР. Материалом для исследования послужила группа из 225 образцов. Состав метаболитов анализировали у выделенной группы из 23 образцов. Биохимический анализ выполнен в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР, количественный и качественный состав первичных метаболитов оценивали методом газо-жидкостной хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией.

Результаты. В составе экстракта корнеплодов опытных образцов было идентифицировано 17 свободных аминокислот. Наибольшее число положительных взаимосвязей с другими аминокислотами ($r > 0,72$) отмечено у тирозина, аланина и фенилаланина. Установлена значимая ($r = -0,66$) отрицательная корреляция бетанина с янтарной кислотой, которая, по результатам факторного анализа, сопряжена с беталамовой кислотой. Среди углеводов преобладала сахароза (95%). У сахарозы и мальтозы проявлялась слабая положительная взаимосвязь с бетанином. Среди жирных кислот доминировали ненасыщенная олеиновая и насыщенная пальмитиновая кислоты (соответственно 52% и 20% от суммарного содержания жирных кислот). Более скороспелые и холодостойкие образцы столовой свеклы характеризовались преобладанием ненасыщенных жирных кислот и пониженным содержанием бетанина. Выявленные взаимосвязи и особенности метаболитного профиля столовой свеклы важны для селекционной работы при создании сортов и гибридов с повышенным содержанием бетанина.

Ключевые слова: свекла столовая, беталаины, бетанин, свободные аминокислоты, органические кислоты, углеводы, жирные кислоты

Introduction

A viable trend in the development of modern food industry is the production of harmless foods and raw materials with a high content of bioactive compounds, physiologically beneficial for human health. Modern food production rarely does without the use of functional additives: taste and flavor enhancers, flavorings, thickeners, antioxidants, emulsifiers, stabilizers, preservatives, regulators, antibiotics, and pigments. Food dyes help to restore or increase the color intensity in a finished product, deteriorated by exposing the initial components to various impacts of such technological factors as temperature, pH of a solution, moisture, etc. [1].

Shades of red are the most popular with the food producers for coloring. Carmine (E120), anthocyanins (E163) and betanin (betanidin 5-O-beta-D-glucoside) (E162) are used as authorized natural red pigments. Most flowering plants produce purple pigments called anthocyanins. The exceptions are representatives of several families in the order Caryophyllales, synthesizing other pigments of a similar color: betalains. The red-colored solutions of anthocyanins and betalains are practically indistinguishable visually (Figure 1), but their uses have a number of distinguishing features. The main advantage of betanins over anthocyanins is their stability in the pH range from 3 to 7, which makes it possible to use them for coloring products with both acidic and neutral media [2]. At the same time, a significant disadvantage of betanin is that the pigment degrades when heated – the betanin molecule loses its properties as a result of decarboxylation and is converted into neobetanin [3].

The main sources of betanin are: beet roots (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *conditiva* Alef.), prickly pear fruits (*Opuntia vulgaris* Mill.), and red-colored forms of amaranth (*Amaranthus* L.) [4,5]. The dominant place is occupied by the beet crop, unrivalled by other sources of this pigment, due to its large harvests (50–60 t/ha) and high betanin yield (about 0.5 g/kg) [6].

Table beet is characterized by high yield, earliness, long shelf life of roots, and high levels of bioactive compounds,

minerals, vitamins, the nitrogenous compound betaine, and the coloring pigment betanin, all of which demonstrate medicinal properties [7,8]. The food dye called Beetroot Red (E162) is the health-friendly betanin pigment extracted from beet. Its benefits for human health have been well studied, with special attention paid to its antioxidant properties and antitumor activity [9–11]. According to recent research, table beet is numbered among the top ten vegetables with the highest antioxidant activity. It has been reliably confirmed that polyphenols, carotenoids and vitamins contained in beet roots have hepatoprotective properties and contribute to the treatment of cardiovascular diseases, hypertension, and diabetes [12,13]. Betanin can be used as an adjuvant in the treatment and prevention of chronic and degenerative diseases associated with oxidative stress in humans [14]. Thus, the betanin (E162) produced from table beet fully meets the safety requirements for its use as a food dye and produces a proven therapeutic effect.

The function of betalains in table beet roots is still unclear. It is assumed that in aboveground plant organs they play a protective role against abiotic and biotic stressors [15–17]. There is evidence that betalains form a protective barrier against infiltration by pathogenic fungi [18,19]. We suppose that it is the defensive function of table beet betalains that allows this root crop to safely tolerate unfavorable environmental conditions underground before the onset of the next stage of ontogenesis – the regrowth of the seed bush – and at the same time not to die from pathogenic soil microflora.

Betalains are water-soluble tyrosine-derived pigments assembled in two groups: betacyanins (red to violet) and betaxanthins (yellow to orange). By their chemical structure they are alkaloids with a bright color (the only colored ones from the group of alkaloids). Various amino and organic acids are involved in the biogenesis of table beet betalains. The pathways of their biosynthesis are closely linked with each other. A number of amino acids are formed from other amino acids. For example, valine and leucine are synthesized from the alanine molecule, proline is formed when glutamate is reduced, etc. The betalain pre-



Рис. 1. Водные растворы бетаина столовой свеклы (а) и антоцианов черной моркови (б).
Fig. 1. Aqueous solutions of red beet's betalains (a) and of black carrot's anthocyanins (b).

Таблица 1. Страны происхождения опытных образцов столовой свеклы.
Table 1. Countries of origin for the tested table beet accessions.

Regions of origin (number of accessions)	Country of origin (number of accessions)
Europe (138)	UK (10), Ukraine (3), Belarus (11), Belgium (2), Bulgaria (7), Greece (3), Hungary (5), Germany (18), Netherlands (30), Denmark (7), Spain (4), Italy (6), Lithuania (4), Poland (8), Finland (4), France (7), Czech Republic (4), Yugoslavia (2), Sweden (2)
Asia (3)	Georgia (3)
Africa (3)	Algeria (2), Botswana (1)
North America (35)	Canada (12), Mexico (4), USA (19)
South America (2)	Argentina (2), Brazil (1)
Australia (2)	Australia (2)
Russia (42)	Russia (42)

cursor is the amino acid tyrosine (Tyr). The synthesis of the aromatic amino acid L-tyrosine, along with tryptophan and phenylalanine, follows the shikimate pathway and begins with arogenic acid [20-22]. It is formed using L-glutamic acid as an amino group donor. Then, L-arogenic acid undergoes oxidation and decarboxylation that leads to the formation of tyrosine, which is hydroxylated to produce dioxyphenylalanine (DOPA). DOPA serves as a direct source for fragments of the betacyanin molecule: betalamic acid and cyclo-DOPA. The betalain structure contains a fragment of betalamic acid. In the yellow pigments (betaxanthins), it is bound with nitrogen-containing compounds: proline, hydroxyproline, glycine, asparagine, histidine, leucine, glutamine, and glutamic acid. With the formation of purple pigments (betacyanins), the link is with cyclo-DOPA (cyclo-3-(3,4-dihydroxyphenyl)-L-alanine) [23,24].

The focus of the research is dictated by the demand of pigment producers for beet cultivars suitable for pigment extraction and the requirements of plant breeders working in this field. The plant organism synthesizes a large amount of compounds to support its vital functions. The metabolite profile of a particular organism is the result of cell activity at the biochemical and molecular-genetic levels. Therefore, its analysis can be used, inter alia, as an effective tool to search for and assess relationships with the studied factor. The objective of this study was to disclose the interplay between the composition of primary metabolites and the content of betanin in a group of promising table beet accessions from the plant genetic resources collection held by VIR.

Materials and Methods

The research material consisted of 225 table beet accessions from the VIR collection, differing in morphological characteristics, year of inclusion in the collection, and origin (Table 1). This set comprised improved cultivars, hybrids, and landraces. The collection has been studied from 2013 to 2015.

The composition of metabolites was analyzed in 2016 in a selected promising group of 23 red beets accessions with above average betanin content [25]. Sowing was carried out in a randomized block design, with three replications for each block, on the experimental field of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR (59°7'11.275"N, 30°43'03.2647"E), Town of Pushkin, St. Petersburg, Russia. The plantings were arranged in six-meter rows according to the 70 × 8 cm scheme. Seeds were manually planted at a depth of 2.5–3 cm in the third ten-day period of May. All accessions were studied under natural environmental conditions. Neither fertilization nor crop protection against pests and diseases were applied.

The growing season of 2016 was characterized by rather high daytime temperatures: mean monthly air temperatures from May to September exceeded the mean indices for many years by 15–82% (Table 2). The lack of precipitation in May and June (–19% and –3%, respectively) impeded the development of young beet plants. Abundant rainfall in July and August during the root development phase partially compensated for the moisture deficit and made it possible to produce a standard harvest.

Таблица 2. Среднемесячные температуры и осадки в годы исследований.
Table 2. Mean monthly temperatures and precipitation at the experimental field (Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, Town of Pushkin, St. Petersburg, Russia).

	Temperature, °C					Precipitation, mm				
	2013	2014	2015	2016	long-term mean	2013	2014	2015	2016	long-term mean
May	16.3	15.1	14.4	17.5	9.6	80.3	67.9	54.9	17.8	37.0
June	21.6	17.0	18.1	18.0	14.5	55.8	86.9	24.4	63.8	67.1
July	20.7	22.4	18.6	19.6	17.0	90.8	21.4	116.2	174.2	84.0
August	19.5	19.7	20.0	18.2	15.2	93.6	69.0	35.3	174.3	107.0
September	12.2	15.0	14.4	13.7	10.0	33.8	29.8	32.4	34.5	55.3

Source: Department of Automated Information Systems on Plant Genetic Resources, Hydrometeorological station VIR

Roots were collected for testing in the second ten-day period of September. The biochemical analysis was performed according to VIR's guidelines [26]. An average sample of 5 beet roots, crushed to 0.2 mm, was taken for the analysis. All the data presented were calculated for fresh weight, except the data on betanin and protein content, which are expressed in terms of absolutely dry weight.

Pyridine, tricosane, and N,O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide were obtained from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA); Catalyst Kjeltabs was obtained from Foss (Huganäs, Sweden); the 42 amino acid physiological standard and the norleucine standard were obtained from membraPure GmbH (Henningsdorf, Germany); betalamic acid from THE BioTek (La Puente, CA, USA); all other chemicals were analytical-grade reagents. Dry weight in % was measured by the gravimetric method. A sample of fresh matter (50g) was dried in a thermostat at 80°C for 12 hours, then at 105°C for 4 hours, down to the constant weight. Ascorbic acid content was measured using the technique of direct extraction from plants (10 g) with 1% HCl solution (according to I.K. Murri), followed by titration with 2,6-dichloroindophinol (Tillman's reagent), and is presented in mg/100g.

The total sugar content was measured using Bertrand's method, based on the ability of the reducing sugars with a free carbonyl group to reduce copper oxide in an alkaline solution to copper protoxide, which precipitates; a 25g sample was taken for the analysis. Oligosaccharides were preliminarily hydrolyzed with a 10% HCl solution. The amount of the copper protoxide precipitate strictly corresponds to the amount of sugar in the solution. The settled copper protoxide precipitate is dissolved with iron sulfate (oxide) in the presence of sulfuric acid; in this case, copper protoxide is completely oxidized, and iron oxide is reduced to iron protoxide, which, in its turn, is quantitatively oxidized with a titrated solution of potassium permanganate. The data are presented in %. For measuring the total acidity, a fresh matter sample (25g) was homogenized in 250 mL of hot distilled water, then filtered, and 10 mL was titrated with 0.1N alkali in the presence of an indicator. The results are expressed as percentage of malic acid. The content of betanin in table beet roots was measured by the modified Pucher's method [27] using an Ultrospec II spectrophotometer (Sweden) at the wavelength of 530 nm; its concentration was calculated for pure betanin, isolated by the method of Pucher et al. [27], and is presented here in mg/100g. The protein content was measured using the Kjeldahl method [28]. Three hundred mg of an accession (3–4 samples) was mineralized with 5 mL of concentrated sulfuric acid and 1.1 g catalyst Kjeltabs at 420°C for 90 min; nitrogen was distilled on a Foss Kjeltac 2200 Auto Distillation Unit (Huganäs, Sweden), with subsequent titration with 0.1N solution of sulfuric acid; total proteins were calculated from the nitrogen content using factor 6.25. The values were expressed as “% DW”.

GC-MS profiling was implemented according to the protocol [29]. The plant material (10 mg) was extracted with ethanol in a 1:10 ratio at a temperature of 4–5°C; 100 µL of the extract was evaporated to dryness in a CentriVap Concentrator (Labconco, USA). The dry residue was dissolved in 20 µL of pyridine containing tricosane as an internal standard (concentration: 1 µg/µL), then 20 µL of BSTFA ([N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide])

(Supelco, USA) was added [30]. To ensure the completeness of the silylation reaction, the vials were incubated for 15 min at a temperature of 100°C in a special thermoblock (DigiBlock, Laboratory Devices Inc., USA). The samples were analyzed on an Agilent 6850 gas chromatograph/mass spectrometer with an Agilent 5975B VL MSD mass-selective detector (Agilent Technologies, USA). Chromatographic separation was carried out on an Agilent HP-5MS capillary column (USA), 30 m long, 0.25 mm inner diameter, stationary phase film thickness of 0.25 µm, in the linear temperature programming mode from 70° to 325° at a rate of 6°/min; the carrier was high-purity helium. The analysis was performed in the mode of constant gas flow rate through the column (1 mL/min); evaporator temperature: 300°C; injected sample volume: 1.2 µL; with split ratio 1:20. The chromatogram was registered in the full ion flow scan mode at 2.0 scans per second. Ionization by electron impact was performed at 70 eV, with the ion source temperature of 230°C. Chromatogramming started after 4 min required for solvent removal and went on for 62 min. Compounds were identified using AMDIS software (National Institute of Standards and Technology, USA, <http://www.amdis.net>). Libraries used in the process of analysis: NIST 2010 (National Institute of Standards and Technology, USA, <http://www.nist.gov>), and the collections of standard compound mass spectra maintained by St. Petersburg State University and the Komarov Botanical Institute [31]. The latter two databases were developed as the result of previous standard-based chemical determination performed at St. Petersburg University and the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. Retention indices (RI) were estimated by calibrating saturated hydrocarbons with a number of C atoms ranging from 10 to 40. A semi-quantitative assay of metabolite profiles was performed by calculating the total ion peak areas with the internal standard method [32] using UniChrom software (New Analytic Systems LLC, Belarus, www.unichrom.com). The content of the identified compounds was expressed in mg/100g/fresh weight. Each analysis was performed in two replications; average data were produced and used in the statistical analysis.

Statistical data processing was based on MS Excel 2007, Statistica 8.0 software and R system. The variability in the structure of relationships between the characters was evaluated using factor analysis. Factor loadings were calculated using principal component analysis (PCA). Pearson's correlation coefficient value $R < 0.5$ were regarded as low, $0.51 > R \geq 0.7$ as medium, $0.71 > R \geq 0.9$ as high, and $R \geq 0.9$ as very high.

Results and Discussion

At the first stage of the study, the diversity of table beet germplasm maintained at VIR was assessed for the content of betanin. The screening results showed that the studied indicator varied within a wide range – from 13.0 to 273.6 mg/100g. The average value was 99.5 ± 5.99 mg/100g. A dependence of the pigment content on the morphological type of the root was traced (Table 3). The stability of the studied trait was noted for the majority of cultivar types (CV=8.2-29.9%). The exception was the 'Green-leaved' variety type: CV= 40.3%. The highest mean values were recorded for the group of accessions with subglobose-ovoid (Bordeaux type, 110.6 mg/100g, CV = 8.2%) or sub-

Таблица 3. Содержание бетаина у различных сортоформ столовой свеклы коллекции ВИР.
 Table 3. Betanin content in different morphotypes of red beet from the VIR collection.

	Erfurt	Green-leaved	Egyptian flat	Crosby
Type of accessions				
number of accessions	8	4	23	64
Mean ± SD (mg/100g DW)	128.2±32.2	95.1±38.3	54.9±8.95	105.7±14.6
Cv, %	25.1	40.3	16.3	13.8
t _{fact}	3.99	2.48*	6.13	7.24
t _{0,05}	2.36	4.3	2.11	2.05
	Red-leaved	Bordeaux	Cylindrical	Eclipse
Type of accessions				
number of accessions	7	81	20	18
Mean ± SD (mg/100g DW)	114.6±34.3	110.6±9.1	37.0±7.9	93.2±19.6
Cv, %	29.9	8.2	21.3	21.0
t _{fact}	3.34	12.1	4.7	4.76
t _{0,05}	2.78	2.0	3.18	2.45

*t_{fact} < t_{0,05}



‘Chata de Egypto’, пк-3612



‘Detroit Dark Red’, пк-579

Рис.2. Образцы столовой свеклы с максимальным (слева) и минимальным (справа) содержанием бетаина. Пушкин, 2016.

Fig. 2. Beet accessions with the highest (left) and lowest (right) betanin content. Town of Pushkin, 2016.

Таблица 4. Биохимические показатели группы образцов столовой свеклы. 2016 г.
Table 4. Biochemical parameters of the selected red beet accessions. 2016.

Parameters	Mean \pm SD**, Median (min+max) *	CV, %
Dry matter, %	21.91 \pm 2.54	11.6
Ascorbic acid, mg/100g FW	35.57 \pm 9.52	26.8
Total saccharides, %	7.50 \pm 4.01	54.7
Total acidity, % malic acid	0.32 (0.25+0.37) *	80.2
Betanin, mg/100g DW	189.63 \pm 2.96	1.6
Protein, % DW	7.47 \pm 0,9	12.06
Free amino acids, mg/100g FW	221.3 (54.8+423.3) *	82.6
Free fatty acids, mg/100 g FW	34.85 (16.82+162.4) *	131.7
Phenolic compounds, mg/100 g FW	3.18 (1.36+5.04) *	103.9

* The data had abnormal distribution

** SD - standard deviation

globose (Crosby type, 105.7 mg/100g, CV =13.8%) root shapes as well as in accessions with the marker leaf color (Red-leaved type, 114.6 mg/100g, CV =29.9%). Low-yielding forms of red beets (Erfurt type) are of interest as a source of high betanin content. They are polymorphic in their root shapes and produce a massive rosette with thick petioles, thus ensuring active metabolism in the plant. Such varieties are not used for cultivation, because their root is fibrous, coarse, and much ramified. However, they attract attention as a genetic source for breeding high-betanin beet cultivars.

For the second stage of the work – the study of the characteristics of primary metabolites and their relationships with the pigment – 23 accessions were selected. All of them demonstrated higher levels of betanin content (183.8 to 192.4 mg/100g) and suitability for the crop's main breeding trends. The highest content of betanin was found in the accession 'Chata de Egypto' (k-3612) from Argentina, and the lowest in 'Detroit Dark Red' (k-579) from the United Kingdom (Figure 2).

The most stable among biochemical parameters in the

selected set of accessions were the contents of betanin, dry matter, protein, and ascorbic acid (CV = 1.6, 11.6, 12.06 and 26.8%, respectively). Other indicators significantly depended on the genotype and varied over a wide range (Table 4).

17 free amino acids were identified in root extracts of the studied table beet accessions using mass spectral libraries. More than half (64%) of the total amino acid content were oxoproline (PCa) and glutamine (Gln) (35 and 29%, respectively) (Figure 3). Of the eight amino acids essential for humans, five were found in red beet: valine (Val), threonine (Thr), leucine (Leu), tryptophan (Trp), and phenylalanine (Phe), plus stress-protective amino acids: alanine (Ala), serine (Ser), proline (Pro), aspartic acid (Asp), and tyrosine (Tyr). The lowest amounts (less than 17.7 mg/100g) were recorded for arginine (Arg), tryptophan (Trp), glycine (Gly), and aspartic acid (Asp) as well as for non-proteinogenic amino acids: gamma-aminobutyric acid (< 10.7 mg/100g) and ornithine (< 8.55 mg/100g) (not shown in figure 3). No significant relationships between the amino acid composition and betanin content were found.

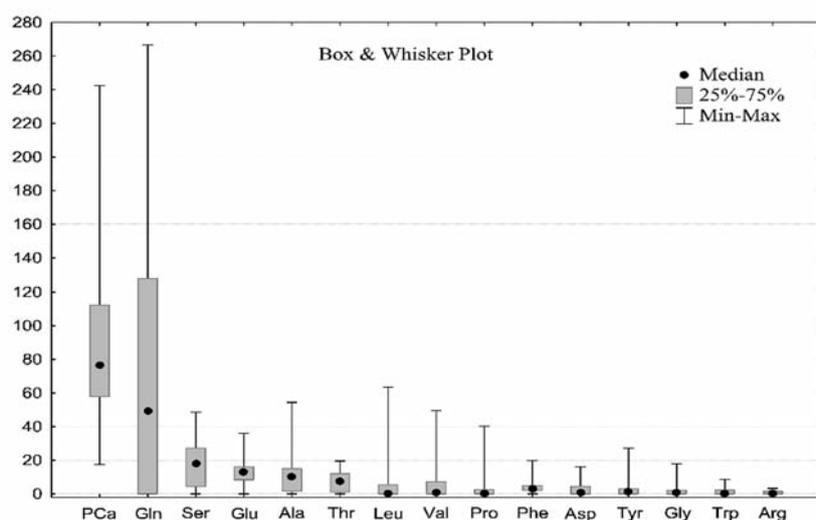


Рис.3. Аминокислотный профиль образцов столовой свеклы (мг/100 г).
Fig. 3. The amino acid profile of table beet accessions (mg/100g).

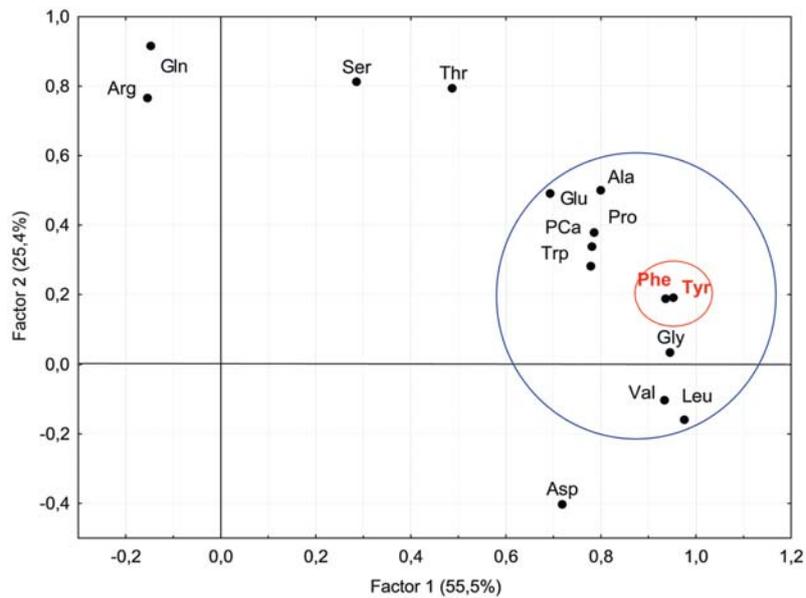


Рис. 4. Двухфакторный анализ аминокислот в образцах столовой свеклы
Fig. 4. Two-factor analysis of amino acids in table beet accessions. (Rotation: Varimax raw. Extraction: Principal components)

Factor analysis was used to search for regularity patterns in the structure of free amino acid composition (Figure 4). Ten amino acids, including tyrosine (Tyr), were closely interrelated (Factor 1, 55.5% of total variance) and participated as components in betalain biosynthesis. Factor analysis revealed a close relationship between tyrosine and phenylalanine. The assumption that the level of tyrosine should be positively correlated with betanin was not confirmed for the group of dark-colored table beet accessions: $R = -0.14$ [33].

In general, the amino acid composition in table beet is closely correlated in itself, which is explained by the mutual conjugation of their biosynthetic pathways (Figure 5). The largest number of positive correlations ($R > 0.72$) was observed for tyrosine, alanine, and phenylalanine. Leucine (Leu) was strongly correlated with tyrosine, phenylalanine, and valine ($R > 0.9$). Aspartic acid, arginine, and glutamine were less interlinked with other amino acids.

Table beet is rich in diverse organic acids, which explains its distinctive taste and high antioxidant activi-

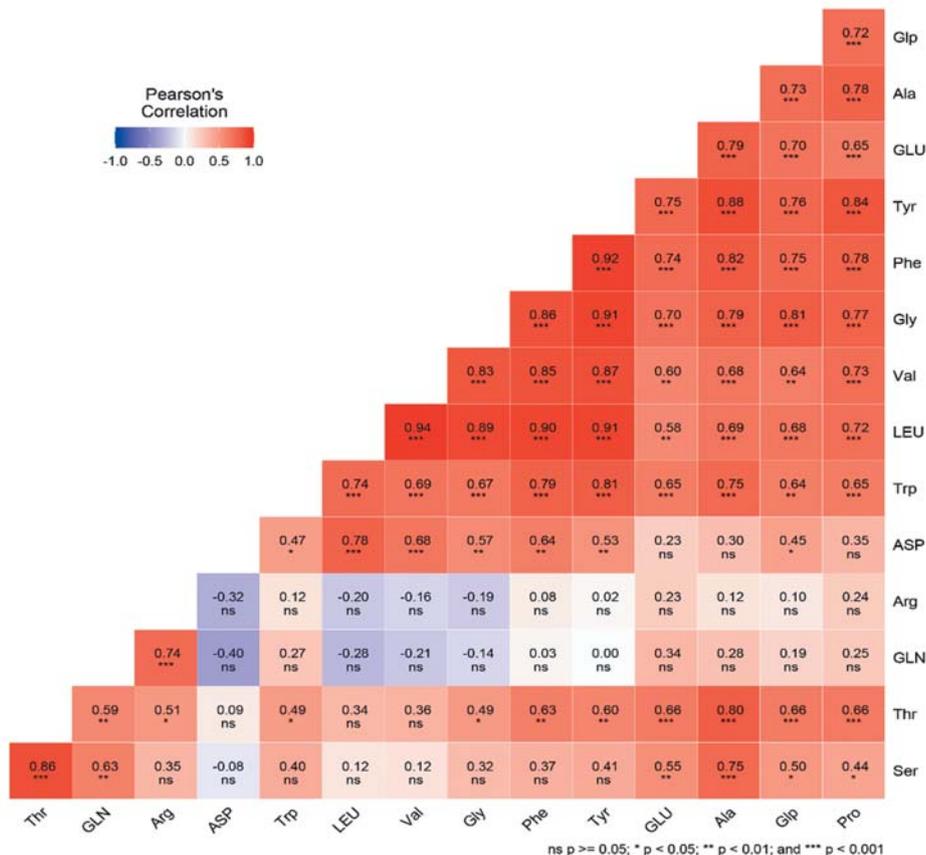


Рис.5. Корреляционная матрица аминокислотного профиля столовой свеклы.
Fig. 5. The correlation matrix of the amino acid profile of red beet with increased content of betanin.

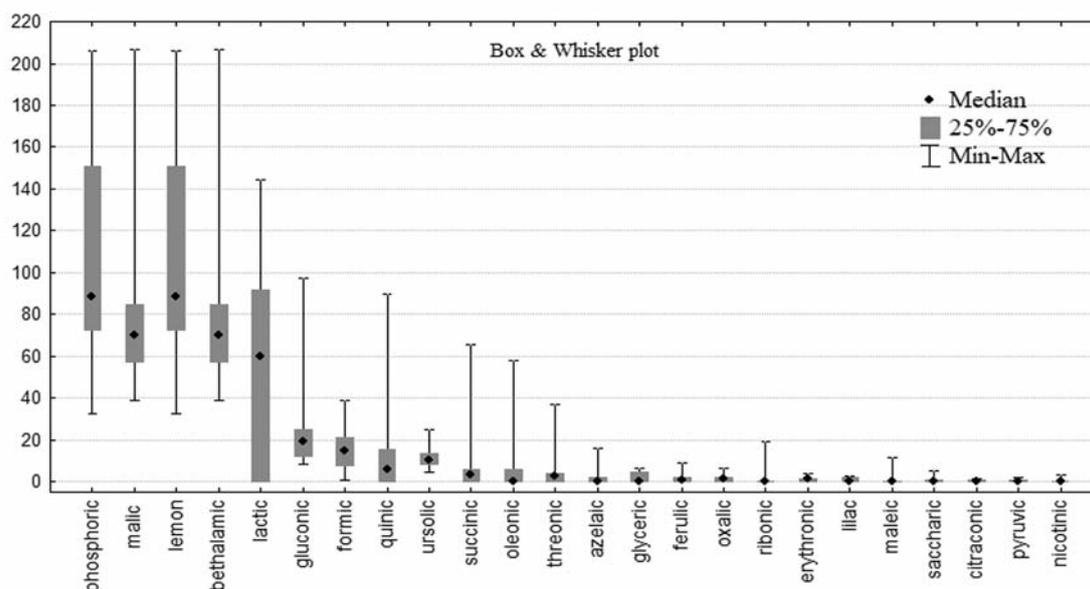


Рис. 6. Содержание органических кислот у образцов столовой свеклы (мг/100 г).
 Fig. 6. Organic acids profile of red beet accessions (mg / 100g).

ty. 24 organic acids were identified in the root crops of the experimental samples (Figure 6). Their content varied broadly. The group with the highest indices included three acids: phosphoric (106.9 ± 48.6 mg/100g), malic (77.5 ± 34.1 mg/100g), and citric (52.5 ± 51.0 mg/100g). Malic, formic and phosphoric acids demonstrated the most stable in comparison with others (CV = 37–44%).

All organic acids catalyze numerous processes in plants and participate in the Krebs cycle and the synthesis of other metabolites. Correlation analysis showed a significant negative correlation of betanin with succinic and nicotinic acids ($R = -0.66$ and -0.44 , respectively), and a weak negative correlation with betalamic, oleanolic, pyruvic, and saccharic acids ($R = -0.30$ – -0.38). Factor analysis of the data diagnosed conjugated groups of elements (Figure 7). In Factor 2 (45.1% of the total variance) joint variations were observed in beta-

lamic, nicotinic and succinic acids, confirming an indirect negative dependence for betanin and betalamic acid. Presumably, when beet roots were selected for analysis (the table beet harvesting time), metabolic processes in beet plants subsided, and the photosynthetic apparatus reduced its activity, the process of betanin synthesis stopped due to a lack of essential components, including betalamic acid. These chemical changes are genetically determined and associated with the stage of ontogenesis. Earlier, we reported that the dynamics of betanin accumulation in table beet was largely associated with agroclimatic growing conditions [34]. Provocative environmental conditions that initiate the transition of a crop to the next stage of ontogenesis most likely cause an arrest in the pigment synthesis. That is why high betanin levels were rarely been recorded for earlier-ripening table beet accessions (Egyptian flat type) [35].

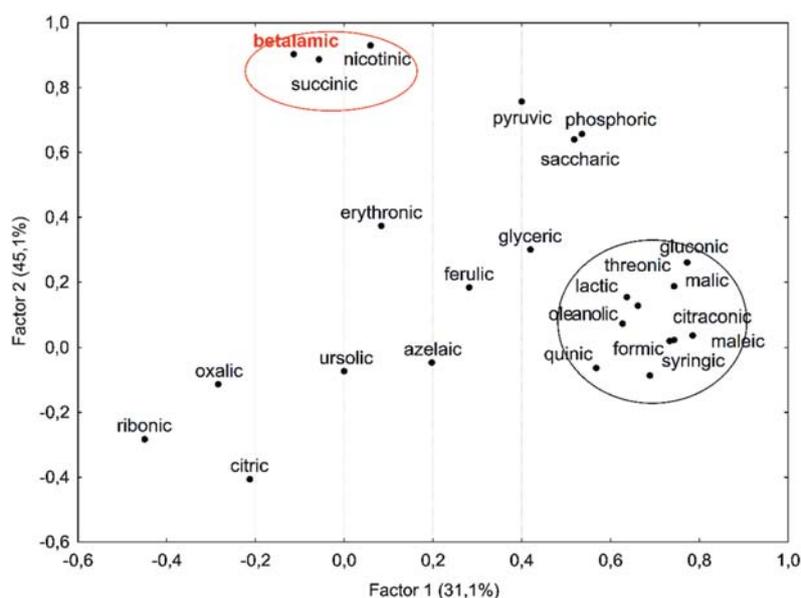


Рис. 7. Двухфакторный анализ состава органических кислот, показывающий вклад основных компонентов в общую дисперсию.
 Fig. 7. Two-factor analysis of organic acids, showing contributions of principal components to the total dispersion (Rotation: Varimax raw. Extraction: Principal components)

Таблица 5. Углеводный профиль образцов столовой свеклы (мг/100 г). Корреляционный и факторный анализ.
Table 5. The carbohydrate profile of red beet accessions (mg/100g). Correlation and factor analyses.

Carbohydrates	Median	min+ max	Betanin, R*	Factor loadings (Rotation: Varimax raw. Extraction: Principal components)	
				Factor 1	Factor 2
monosaccharides					
arabinose	0.00	0 + 6.79	-0.37	0.41	-0.15
rhamnose	0.00	0 + 10.61	-0.29	0.79	0.03
ribose	0.00	0 + 50.99	-0.16	0.03	0.94
lyxose	0.18	0 + 30.11	-0.45	0.23	0.04
xylose	0.00	0 + 96.66	-0.18	0.20	0.93
fructose	22.78	5.01 + 473.40	-0.54	0.92	0.01
sorbose	21.69	0 + 219.10	-0.49	0.91	-0.04
galactose	0.00	0 + 386.31	-0.35	0.72	0.03
glucose	95.54	0.01 + 644.47	-0.42	0.75	0.03
disaccharides					
sucrose	6574.77	2069.9 + 15336.1	0.34	0.68	0.25
maltose	0.00	0 + 4.97	0.28	0.35	0.05
oligosaccharides					
raffinose	0.00	0 + 179.63	-0.02	0.42	-0.11
stachyose	0.00	0 + 2.04	0.13	-0.33	0.77
Factor contribution				65%	35%

*R – Pearson’s correlation coefficient

Among the widespread plant monosaccharides, the highest amounts in the tested table beet accessions were registered for glucose (≤ 644.5 mg/100g), fructose (≤ 473.4 mg/100g), sorbose (≤ 219.1 mg/100g) and galactose (≤ 386.3 mg/100g). The content of monosaccharides varied within a wide range, which had been confirmed in our earlier studies [36]. Mannose was found only in 6 accessions in insignificant amounts, while 99% of oligosaccharides were represented by the nonreducible disaccharide sucrose. Maltose, raffinose and stachyose were present only in 30–40% of the accessions and did not exceed 1% of the total disaccharide content. All monosaccharides had a negative relationship (R) with the pigment content (Table 5). The strongest negative correlations were recorded for fructose and sorbose. According to the results of the factor analysis, these monosaccharides share the same cluster with rhamnose, galactose and glucose. Sucrose demonstrated the highest content, which is most likely determined by the components of Factor 1 (Factor contribution: 65.0%), containing mainly hexoses. A negative correlation was observed between the contents of sucrose and raffinose ($R = -0.71$). Sucrose and maltose exhibited a weak positive correlation with betanin ($R = 0.28-0.34$), thus confirming the results of the studies by Indian scientists [37]. They investigated the activity of betalain synthesis in various nutrient solutions of mono- and disaccharides and found a

similar relationship. On the whole, there were no strong relationships between carbohydrates and betanin.

The total content of lipids varied from 5.34 to 438.74 mg/100g. The accessions differed significantly in their fatty acids (FAs) content: the maximum (438.74 mg/100g) was recorded for the accession ‘Modana’ (k-3697, Russia); the minimum (5.34 mg/100g), for ‘Baby Beat’ (k-3718, Netherlands) ($p < 0.05$). Unsaturated oleic (C18:1, 52%) and saturated palmitic (C16:0, 20%) acids dominated among the FAs in table beet. Fatty acids (FAs) and their derivatives play an essential role in the plant cell. It is known that they are able to activate protective responses of the organism at the transcriptional level and change the activity of intracellular proteins and metabolites [38]. Palmitic FA plays a protective role against the stressful impacts of abiotic factors [39,40]. An increase in the percentage of unsaturated FAs is an indicator of the activation of cellular defense mechanisms under various types of abiotic stress [41]. The membranes of cold-resistant plants contain a large amount of unsaturated fatty acids [42]. Unfavorable weather conditions during the growing season (Table 2) served as a natural stressor and affected the FA composition in the tested plants: the interplay between the earliness of a particular genotype and the accumulation of unsaturated FAs is a characteristic feature (Figure 8). The earliest and the most cold-resistant accessions demonstrated high levels of unsaturated FAs and a low content of betanine.

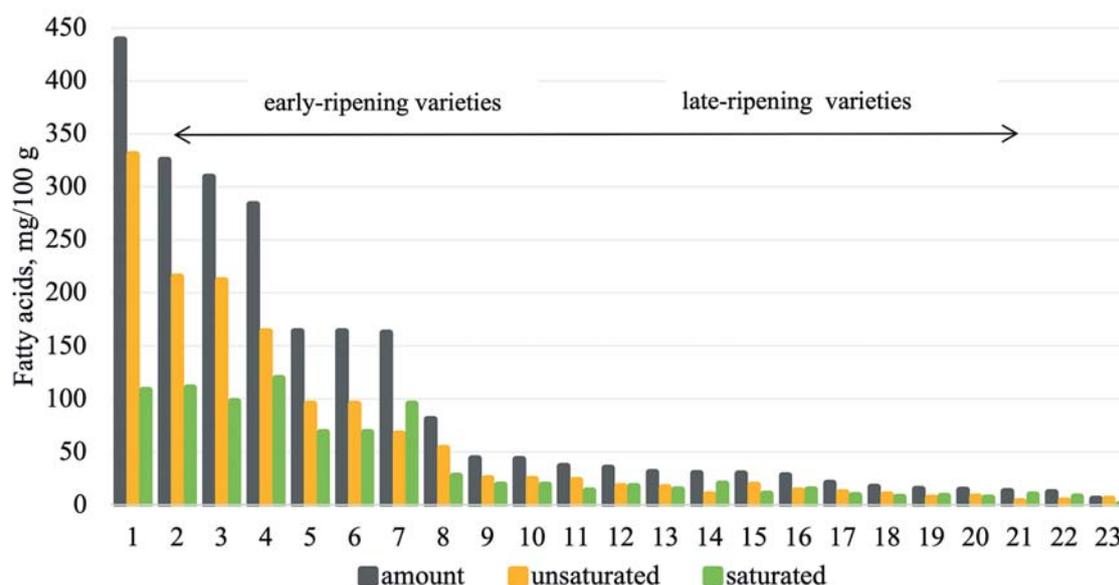


Рис. 8. Сравнительное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в образцах столовой свеклы с повышенным содержанием бетанина.
Fig. 8. Comparative contents of saturated and unsaturated fatty acids in table beet accessions.

Conclusions

The pathways of betalain biosynthesis are directly and indirectly linked to many components. The results of this study demonstrate close interactions among primary metabolites in table beet. Amino acids are linked with each other by strong positive correlations, confirming that the pathways of their biosynthesis are closely related. The greatest number of positive correlations with amino acids ($R > 0.72$) was recorded for tyrosine, alanine, and phenylalanine. The study did not identify a direct strong relationship between the amino acid composition and betanin in the group of promising table beet accessions. A significant ($R = -0.66$) negative correlation

of betanin with succinic acid was shown; the latter, according to the results of the factor analysis, is associated with betalamic acid. Sucrose dominated among carbohydrates (95%). Sucrose and maltose exhibited a weak positive relationship with betanin. Earlier-ripening and cold-resistant beet accessions were characterized by predominance of unsaturated fatty acids and lower betanin content.

The identified interrelations and the peculiarities of the metabolic profile of table beet are important for breeders who are working on the development of table beet cultivars and hybrids with increased betanin content.

Об авторах:

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

Татьяна Васильевна Шеленга – ведущий научный сотрудник отдела Биохимии и молекулярной биологии ВИР, <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

Алла Евгеньевна Соловьева – старший научный сотрудник отдела Биохимии и молекулярной биологии ВИР, <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

About the Authors:

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

Tatyana V. Shelenga – Leading Researcher, Department of Biochemistry and Molecular Biology, <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

Alla E. Solovieva – Senior Researcher, Department of Biochemistry and Molecular Biology, <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

References / Литература

1. Шачек Т.М., Плитко Т.Ю., Севостьянов С.М. Разработка способа получения натурального красителя из свеклы. *Научные стремления*. 2017;(21):35-39. [Shachek T.M., Plitko T.Y., Sevostyanov S.M. Development of a way of receiving a natural dyestuff from beet. *Scientific aspirations*. 2017;(21):35-39. (In Russ.)]
2. Herbach K.M., Stintzing F.C., Carle R. Stability and color changes of thermally treated betanin, phylloactin, and hycocerenin solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;(54):390–398. doi:10.1021/jf051854b
3. Aztatzi-Rugierio L., Granados-Balbuena S.Y., Zainos-Cuapio Y., Ocaranza-Sánchez E., Rojas-López M. Analysis of the degradation of betanin obtained from beetroot using Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(8):3677–3686. doi:10.1007/s13197-019-03826-2
4. Cai Y., Sun Mei, Wu H., Huang R., Corke H. Characterization and quantification of betacyanin pigments from diverse *Amaranthus* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;(46):2063–2070. doi:10.1021/jf9709966
5. Castellanos-Santiago E., Yahia E.M. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;(56):5758–5764. doi:10.1021/jf800362t
6. Stintzing F.C., Schieber A., Carle R. Rote Bete als farbenes Lebensmittel-eine Bestandsaufnahme. *Obst Gemüse Kartoffelverarbeitung*. 2000;85(5/6):196–204.
7. Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability. *Intern. Journal of Food Science and Technology*. 2009;(44):2365–2376. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x
8. Буренин В.И., Лудилов В.А., Соколова Д.В. Комплексное исследование генофонда столовой свеклы. *Картофель и овощи*. 2016;(2):39-40. [Burenin V.I., Ludilov V.A., Sokolova D.V. Integrated research of red beet gene pool. *Potato and vegetables*. 2016;(2):39-40. (In Russ.)]

9. Kapadia G.J., Azuine M.A., Sridhar R., Okuda Y., Tsuruta A., Ichiishi E., Mukainake T., Takasaki M., Konoshima N.H., Tokuda H. Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NORI-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. *Pharmacological Research*. 2003;(47):141–148. doi:10.1016/s1043-6618(02)00285-2
10. Lechner J.F., Wang L.-S., Rocha C.M., Larue B., Henry C., McIntyre C.M., Riedl K.M., Schwartz S.J., Stoner G.D. Drinking water with red beetroot food color antagonizes esophageal carcinogenesis in N-nitrosomethylbenzylamine-treated rats. *Journal of Medicinal Food*. 2010;13(3):733-739. doi:10.1089/jmf.2008.0280
11. Gandia-Herrero F., Escribano J., Garcia-Carmona F. Biological activities of plant pigments betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016;(56):937–945. doi:10.1080/10408398.2012.740103
12. Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A. M., ... Livrea, M. A. Antioxidant Activities of Sicilian Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) Fruit Extracts and Reducing Properties of Its Betalains: Betanin and Indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020;50(23):6895–6901. doi:10.1021/jf025696p
13. Slavov A., Karagyozov V., Denev P., Kratchanova M., Kratchanov C. Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pre-treatments. *Czech Journal of Food Sciences*. 2013;(31):139–147. doi:10.17221/61/2012-CJFS
14. Da Silva D.V.T., Pereira A.D., Boaventura G.T., Ribeiro R.S. de A., Vericimo M.A., Carvalho-Pinto C.E. de, ... Paschoalin V.M.F. Short-Term Betanin Intake Reduces Oxidative Stress in Wistar Rats. *Nutrients*. 2019;11(9):1978. doi:10.3390/nu11091978
15. Hayakawa K., Agarie S. Physiological roles of betacyanin in a halophyte, *Suaeda japonica* Makino. *Plant Production Science*. 2010;(13):351–359. doi:10.1626/pp.s.13.351
16. Nakashima T., Araki T., Ueno O. Photoprotective function of betacyanin in leaves of *Amaranthus cruentus* L. under water stress. *Photosynthetica*. 2011;(49):497–506. DOI:10.1007/s11099-011-0062-7
17. Jain G., Schwinn K.E., Gould K.S. Betalain induction by I-DOPA application confers photoprotection to saline-exposed leaves of *Disphyma australe*. *New Phytologist*. 2015;207(4):1075–1083. doi:10.1111/nph.13409
18. Brockington S.F., Walker R.H., Glover B.J., Soltis P.S., Soltis D.E. Complex pigment evolution in the Caryophyllales. *New Phytologist*. 2011;190(4):854–864. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.03687.x
19. Polturak G., Grossman N., Vela-Corcía D., Dong Y., Nudel A., Pliner M., Levy M., Rogachev I., Aharoni A. Engineered gray mold resistance, antioxidant capacity and pigmentation in betalain-producing crops and ornamentals. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 2017;(114):9062–9067. doi:10.1073/pnas.1707176114
20. Tzin V., Gallii G. New insights into the shikimate and aromatic amino acids biosynthesis pathways in plants. *Molecular Plant*. 2010;3(6):956–972. doi.org/10.1093/mp/ssp048
21. Sakuta M. Diversity in plant red pigments: Anthocyanins and betacyanins. *Plant Biotechnology Reports*. 2014.8(1):37–48. doi:10.1007/s11816-013-0294-z
22. Esatbeyoglu T., Wagner A.E., Schini-Kerth V.B., Rimbach G. Betanin - A food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2015;59(1):36–47. doi:10.1002/mnfr.201400484
23. Strack D., Vogt T., Schliemann W. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*. 2003;(62):247–269. doi:10.1016/S0031-9422(02)00564-2
24. Sasaki N., Abe Y., Wada K., Koda T., Goda Y., Adachi T., Ozeki Y. Amaranthin in feather cockscombs is synthesized via glucuronylation at the cyclo-DOPA glucoside step in the betacyanin biosynthetic pathway. *Journal of Plant Research*. 2005;118:439–442. doi:10.1007/s10265-005-0237-z
25. Соколова Д.В., Соловьева А.Е. Перспективный исходный материал для селекции сортов свеклы с высоким содержанием бетанина. *Аграрная Россия*. 2019;(8):26-32. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-8-26-32 [Sokolova D.V., Solovieva A.E. Promising initial material for breeding of beet varieties with a high content of betanin. *Agrarian Russia*. 2019;(8):26-32. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-8-26-32. (In Russ.)]
26. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П.; ред. А.И. Ермаков. Методы биохимического исследования растений. Ленинград. 1987. С.63-91. [Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Methods of biochemical research of plants. Leningrad, 1987. P.63-91. (In Russ.)]
27. Pucher G.W., Curtis L.C., Vickery H.B. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). A method to determine betanin. *Journal of Biological Chemistry*. 1938;(123):71–76. doi:10.1016/s0021-9258(18)74156-2
28. Kjeldahl J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. [New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Substances.] *Zeitschrift für analytische Chemie*. 1883;(22):366-383. doi:10.1007/BF01338151
29. Perchuk I., Shelenga T., Gurkina M., Miroshnichenko E., Burlyaeva M. Composition of primary and secondary metabolite compounds in seeds and pods of asparagus bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) from China. *Molecules*. 2020;25(17):3778. doi:10.3390/molecules25173778
30. Worley B., Powers R. Multivariate Analysis in Metabolomics. *Current Metabolomics*. 2012;1(1):92–107. doi:10.2174/2213235x11301010092
31. Shtark O.Y., Puzanskiy R.K., Avdeeva G.S., Yurkov A.P., Smolikova G.N. et al. Metabolic alterations in pea leaves during arbuscular mycorrhiza development. *Peer J*. 2019;(7):1-33. doi:10.7717/peerj.7495
32. Ruiz-Hernández V., Roca M.J., Egea-Cortines M., Weiss J. A comparison of semi-quantitative methods suitable for establishing volatile profiles. *Plant Methods*. 2018;(14):67. doi:10.1186/s13007-018-0335-2
33. Wang M., Lopez-Nieves S., Goldman I.L., Maeda H.A. Limited tyrosine utilization explains lower betalain contents in yellow than in red table beet genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017;(65):4305–4313. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b00810
34. Соколова Д.В. Эколого-географическое изучение накопления бетанина у перспективных образцов столовой свеклы коллекции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(4):66-74. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-66-74 [Sokolova D.V. Environmental and geographic study of betanin accumulation in promising red beet accessions from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(4):66-74. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-66-74. (In Russ.)]
35. Тимакова Л.Н., Борисов В.А., Фильрозе Н.А., Успенская О.Н., Соколова Л.М. Оценка качества сортов свеклы столовой в условиях Московской области. *Картофель и овощи*. 2020; 7: 28–32. doi:10.25630/PAV.2020.83.92.004 [Timakova L.N., Borisov V.A., Filroze N.A., Uspenskaya O.N., Sokolova L.M. Assessment of the quality of beet varieties in the Moscow region. *Potato and Vegetables*.2020;(7): 28–32. doi:10.25630/PAV.2020.83.92.004. (In Russ.)]
36. Соколова Д.В., Шеленга Т.В. Соловьева А.Е. Сравнительная характеристика биохимического состава образцов мангольда и столовой свеклы коллекции ВИР. *Овощи России*. 2019;5(49):77-83. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-77-83 [Sokolova D.V., Shelenga T.V., Solovieva A.E. Comparative characteristics of the biochemical composition of chard and table beet accessions from VIR collection. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(5):77-83. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-77-83. (In Russ.)]
37. Bhagyalakshmi N., Thimmaraju R., Narayan M.S. Various hexoses and dihexoses differently influence growth, morphology and pigment synthesis in transformed root cultures of red beet (*Beta vulgaris*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2004;(78):183–195. doi:10.1023/B:TICU.0000022557.84867.db
38. Hou Q., Ufer G., Bartels D. Lipid signaling in plant responses to abiotic stress. *Plant Cell and Environment*. 2016;39(5):1029-1048. doi.org/10.1111/pce.12666
39. Дударева Л.В., Рудиковская Е.Г., Шмаков В.Н. Влияние низкоинтенсивного излучения гелий-неонового лазера на жирнокислотный состав каллусных тканей пшеницы (*Triticum aestivum* L.) *Биологические мембраны*. 2014;31(5):364-370. DOI:10.7868/S0233475514050041 [Dudareva L.V., Rudikovskaya E.G., Shmakov V.N. Influence of low-intensity he-neon laser radiation on the fatty acid composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) callus tissues. *Biological Membranes*. 2014;31(5): 364-370. DOI:10.7868/S0233475514050041. (In Russ.)]
40. Жуков А.В. Пальмитиновая кислота и ее роль в строении и функция мембран растительной клетки. *Физиология растений*. 2015;62(5):751-760. DOI: 10.7868/S001533031505019X [Zhukov A.V. Palmitic acid and its role in the structure and function of plant cell membranes. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2015;62(5):706-713. DOI:10.7868/S001533031505019X. (In Russ.)]
41. Badae C., Basu S.K. The effect of low temperature on metabolism of membrane lipids in plants and associated gene expression. *Plant Omics Journal*. 2009;2(2):78–84.
42. Нохсоров В.В., Дударева Л.В., Петров К.А. Состав и содержание липидов и их жирных кислот в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb. при закаливании к низкой температуре в условиях криолитозоны Якутии. *Физиология растений*. 2019;66(4):286-294. DOI: 10.1134/S0015330319040109 [Nokhsorov V.V., Dudareva L.V., Petrov K.A. Content and composition of lipids and their fatty acids in needles of *Pinus sylvestris* L. and *Picea obovata* Ledeb. upon cold hardening in the cryolithozone of Yakutia. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2019;66(4):548-555. DOI:10.1134/S0015330319040109. (In Russ.)]

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-65-69>
УДК 635.61/.63:631.234-036:632

В.Э. Лазко^{1*}, Е.Н. Благородова²,
О.В. Якимова¹, Е.В. Ковалева¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса» (ФГБНУ ФНЦ риса) 350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

² ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ КубГАУ имени И.Т. Трубилина) 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

*Автор для переписки: lazko62@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лазко В.Э., Благородова Е.Н., Якимова О.В., Ковалева Е.В. Опыт применения биоинсектоакарицида МатринБио, ВР в пленочной теплице на бахчевых культурах. *Овощи России*. 2023;(2):65-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-65-69>

Поступила в редакцию: 13.02.2023

Принята к печати: 28.02.2023

Опубликована: 03.04.2023

Victor E. Lazko^{1*}, Elena N. Blagorodova²,
Olga V. Yakimova¹, Ekaterina V. Kovaleva¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Rice" 3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

² KubSAU named after I.T. Trubilin 13, Kalinina st., Krasnodar, 350044, Russia

*Corresponding author: lazko62@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: Lazko V.E., Blagorodova E.N., Yakimova O.V., Kovaleva E.V. Experience of application of bioinsectoacaricide MatrinBio in film greenhouse on gourds. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):65-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-65-69>

Received: 13.02.2023

Accepted for publication: 28.02.2023

Published: 03.04.2023

Опыт применения биоинсектоакарицида МатринБио, ВР в пленочной теплице на бахчевых культурах



Резюме

Актуальность. Исследование направлено на оценку биологической эффективности инсектицидов для снижения численности табачного трипса и бахчевой тли в пленочной теплице на бахчевых культурах. Эти вредители наносят значительный ущерб растениям и могут переносить вирусную инфекцию. В условиях закрытого грунта табачный трипс может давать до 7-8 поколений, а бахчевая тля – до 16 поколений за сезон. Рекомендованные препараты для борьбы с вредителями имеют ограниченный защитный срок действия в условиях защищенного грунта, кроме того в большинстве случаев способствуют возникновению резистентности у насекомых.

Результаты. В статье представлены результаты по применению инсектоакарицида МатринБио, ВР против бахчевой тли и табачного трипса и определена биологическая эффективность по снижению численности вредителей. Одноразовая обработка биоинсектицидом уничтожает до 90% насекомых табачного трипса. Эффективность против бахчевой тли на 27% ниже. Отмечено, что период защитного действия МатринБио, ВР сохраняется до семи суток, затем снижается. На четырнадцатые сутки биологическая эффективность против вредителей составляет; для трипса – 72%, а для тли – 40%. Для сравнения в качестве эталона выбран биоинсектицид Фитоверм, КЭ, который показал худшие результаты по снижению численности табачного трипса (меньше на 20...25%), но имел лучший защитный эффект против бахчевой тли – на 19...21%. Повторная обработка препаратами через семь дней после первой, позволила значительно снизить численность вредителей. Для предотвращения возникновения резистентности у вредителей в условиях защищенного грунта рекомендуется включать препарат МатринБио, ВР в интегрируемую систему защиты и чередовать с инсектоакарицидами из других классов или применять в различных комбинациях.

Ключевые слова: инсектоакарицид, табачный трипс, бахчевая тля, биологическая эффективность, резистентность, снижение численности

Experience of application of bioinsectoacaricide MatrinBio in film greenhouse on gourds

Abstract

Relevance. The study is aimed at evaluating the biological effectiveness of insecticides to reduce the number of tobacco thrips and gourd aphids in a film greenhouse on gourds. These pests cause significant damage to plants and can carry a viral infection. In greenhouse conditions, tobacco thrips can produce up to 7-8 generations, and melon aphid – up to 16 generations per season. The recommended pest control products have a limited protective duration in protected ground conditions, and in most cases promote the development of resistance in insects.

Results. The article presents the results on the use of the insectoacaricide MatrinBio, BP against melon aphids and tobacco thrips, and the biological effectiveness in reducing the number of pests is determined. A single treatment with a bioinsecticide kills up to 90% of tobacco thrips insects. Efficiency against melon aphids is 27% lower. It is noted that the period of the protective action of MatrinBio, BP lasts up to seven days, then decreases. On the fourteenth day, the biological effectiveness against pests is; for thrips – 72%, and for aphids – 40%. For comparison, bioinsecticide Fitoverm, EC, was chosen as a standard, which showed worse results in reducing the number of tobacco thrips (less by 20...25%), but had the best protective effect against melon aphids - by 19...21%. Re-treatment with drugs seven days after the first one significantly reduced the number of pests. To prevent the emergence of resistance in pests in protected ground conditions, it is recommended to include MatrinBio, BP in the integrated protection system and alternate with insectoacaricides from other classes or use in various combinations.

Keywords: insectoacaricide, tobacco thrips, melon aphid, biological efficiency, resistance, population reduction

В Краснодарском крае производители овощебахчевых культур в открытом и защищенном грунте сталкиваются с проблемой распространения целого набора вредоносных фитофагов, имеющих кросс-резистентность к различным классам пестицидов. Одними из таких фитофагов являются табачный трипс (*Thrips tabaci* Lind.) и бахчевая тля (*Aphis gossypii* Glov, *Cavariella aegopodii*) [1, 2].

Табачный трипс распространен по всей территории края. За вздутия или пузырьки на ногах их называют пузыреногими, а за бахромчатые крылья — бахромчатокрыльями. Благодаря такой естественной парусности трипсы распространяются ветром на огромные расстояния, поэтому американцы называют их грозовыми или штормовыми мушками — thunderflies или stormflies. Их обычный размер — около 2 мм. Естественными резервуарами являются сорняки, растительные остатки, отлично перезимовывают в хранилищах и на остатках овощной продукции, а затем заново попадает на поля. При температуре выше 10°C он успешно развивается и зимой. В открытом грунте табачный трипс развивается, как правило, в 3–5 поколениях (в сухую и жаркую погоду бывает и 7–8), а в теплицах за летне-осенний период может давать и до 10–12 поколений. Трипсы, вышедшие из мест зимовки в первой половине апреля, питаются сначала на разных видах сорняков и озимом рапсе. Отсюда они переходят в рассадные теплицы или на культурные растения в открытом поле. Заселение начинается по краям. Самка живет 20–25 суток и успевает отложить до 100 яиц, из которых через 3–5 суток выходит первое поколение. Личинки питаются соком листьев, а через 8–10 суток уходят в почву, где заканчивают цикл развития и через 4–5 суток превращаются в крылатых взрослых насекомых. Полный цикл от времени отложения яйца до выхода взрослого насекомого длится 15–20 суток. Высокая температура и низкая относительная влажность воздуха ускоряют развитие и повышают вредоносность. Что же касается семеноводства, то его вредоносность сказывается на всех культурах, так как он является переносчиком еще и вирусных болезней. Трипс образует рассеянные колонии и его трудно заметить. В период цветения концентрируется в цветках бахчевых культур (рис. 1), где питаясь, повреждает рыльце пестика, снижая качество опыления [3, 4].

Бахчевая тля насекомые зеленого или темно-бурого цвета, иногда с желтым оттенком, размером 1,2–2,1 мм. Она наиболее вредоносная на плантациях бахчевых культур, где дает за сезон до 16 поколений. Самки тли активно распространяются и образуют новые колонии на бахчевых полях благодаря крылатой стадии, особенно при теплой и сухой погоде. Подвижные стадии вредителя, поселяясь обычно на нижней стороне листьев, прокалывают с помощью хелицер эпидермис клеток и высасывают содержимое. В результате усиливается транспирация, нарушается водный баланс и фотосинтез растений. При массовом развитии тля питается не только на листьях, но и стеблях, цветках и завязях. Поврежденные растения покрываются липкими выделениями. Листья куполообразно скручиваются, деформируются, усыхают и опадают. Вызывает уменьшения приро-

ста, опадение цветов и завязи, нередко отмирают целые плети и растения. В отдельные годы тля вызывает сильное угнетение (рис. 2) и полную гибель посевов бахчевых культур. Этот вредитель так же, как и трипс может быть переносчиком вирусов [2, 5].

Конт-ролировать численность и вредоносность табачного трипса и бахчевой тли в открытом и защищенном грунте довольно сложно из-за высокой резистентности фитофагов к различным классам пестицидов [6, 7]. Следует подбирать высокоэффективные препараты и включать их в систему интегрированной, антирезистентной защиты растений бахчевых культур [8, 9]. В последние годы приобрели популярность биологические препараты [10, 11]. Они отличаются от химических тем, что обладают слабой фитотоксичностью, позволяют снизить пестицидную нагрузку и безвредны для человека [12]. Большим плюсом использования биопрепаратов является возможность применения в любую фазу развития растений, а также отсутствие или маловероятное возникновение резистентности к ним у вредителей [13, 14]. В списке пестицидов, разрешенных к применению, биопрепарат МатринБио — это водный раствор алкалоида (д.в. 5 г/л) с инсектоакарицидным свойством, экстрагированный из растений рода *Sophora*. Обладает выраженным контактно-кишечным действием. После контакта с МатринБио вредители снижают двигательную и пищевую активность, затем перестают питаться и погибают.

Актуальность

В имеющихся рекомендациях, инсектоакарицид МатринБио, ВР обладает достаточно высокой эффективностью в отношении целевого объекта — тли, тепличные белокрылки, паутинные клещи и трипсы, также отмечено отсутствие токсичности для нецелевых объектов — энтомофагов (божьих коровок, златоглазок, жужелиц, хищных клещей и др.), пчел и человека. Однако рекомендации по регламенту применения препарата в пленочных теплицах на бахчевых культурах по снижению вредоносности табачного трипса и бахчевой тли имеют обобщенный характер.

Цель исследований

Изучить эффективность применения в пленочной теплице биологического инсектоакарицида МатринБио, ВР для уменьшения численности насекомых и защиты растений бахчевых культур от табачного трипса и бахчевой тли.

Методика опыта

Эксперименты проводили в центральной зоне Краснодарского края в отделе овощекартофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» в селекционной пленочной теплице на бахчевых и тыквенных культурах (арбуз, дыня и тыква). Работа проводилась в соответствии с методическими указаниями: «Методикой полевого опыта в овощеводстве» С.С. Литвинова. Обработка препаратами проводилась в июне в период массового цветения культур. Биологическую эффективность инсектицидов определяли по формуле Аббота, так как исходную численность вредителей сложно определить перед обработкой, полученные результаты гибели вредителей сравниваются с контролем.

$$\Theta = \frac{100 \times (K-O)}{K}$$

где: Θ – эффективность, выраженная в процентах снижения численности вредителя с поправкой на контроль; К – число живых особей в контроле в данный срок учета; О – число живых особей в опыте в данный срок учета.

Гибель бахчевой тли определяли путем подсчета в колонии живых особей на площади 25 см² до обработки и через один, семь и четырнадцать суток после нее (по рекомендации специалистов производителей препарата фирмы «Август»). Количество табачного трипса подсчитывали в местах основной концентрации насекомых – в цветках. После обработки цветки прикрывали бумажными изоляторами.

Повторность в опыте трехкратная. В качестве эталона использовали биоинсектицид – Фитоверм, КЭ (2 г/л) с нормой расхода 10 мл/л воды. В качестве прилипателя в раствор добавляли прилипатель адьювант Полидон Бонд – 1 мл/10 л воды. Норма расхода биологического инсектоакарицида МатринБио, ВР при обработке – 10 мл/л воды. В раствор МатринБио, ВР добавляли поверхностно активное вещество (ПАВ) Полифем. Для приготовления рабочего раствора на 10 л воды добавляли 10 мл препарата и 1 мл ПАВ. Фаза обработки растений – цветение. Повторную (сдвоенную) обработку проводили через 7 суток после



Рис. 1. Табачный трипс до применения обработки инсектицидами
Fig. 1. Tobacco thrips before insecticide treatment



Рис. 2. Колония бахчевой тли до применения обработки инсектицидами
Fig. 2. A melon aphid colony before insecticide treatment

первой. Растения обрабатывали с помощью ранцевого штангового электрического опрыскивателя «Лидер» ЭЛ-16л, обеспечивающего хорошую дисперсию рабочего раствора и равномерное распределение жидкости по поверхности растений. Результаты учета в опыте обрабатывались методом дисперсионного анализа – по Б.А. Доспехову.

Результаты

В селекционной теплице в фазу цветения бахчевых культур, при обнаружении трипсов и колоний тли на растениях была проведена обработка инсектицидами. Оба препарата обладают выраженным контактно-кишечным действием. Через сутки после обработки инсектицидами снижение численности насекомых составила 43...47%. Через семь суток после обработки препаратом МатринБио, ВР, количество табачного трипса уменьшилось до 90%. Биологическая эффективность против бахчевой тли меньше на 27%. По истечению четырнадцати суток защитное действие препарата значительно снизилось, однако эффект сдерживания количества табачного трипса остался выше (72%), чем против бахчевой тли (40%). Эффективность применения препарата Фитоверм против табачного трипса ниже, чем при использовании МатринБио, ВР. Особенно разница по количеству погибших насекомых (25%) заметна через семь суток и сохраняется на 14 сутки после обработки (рис. 3, табл. 1).

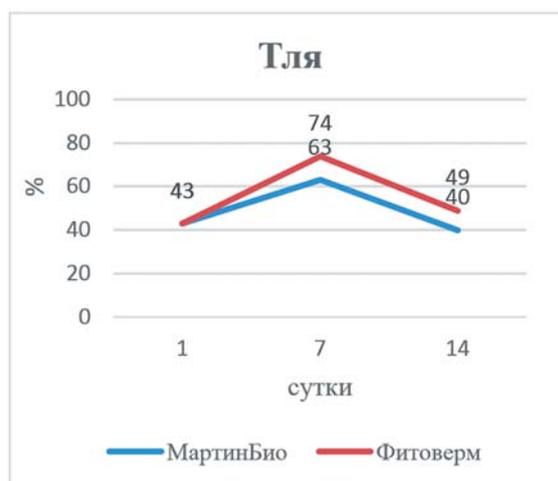
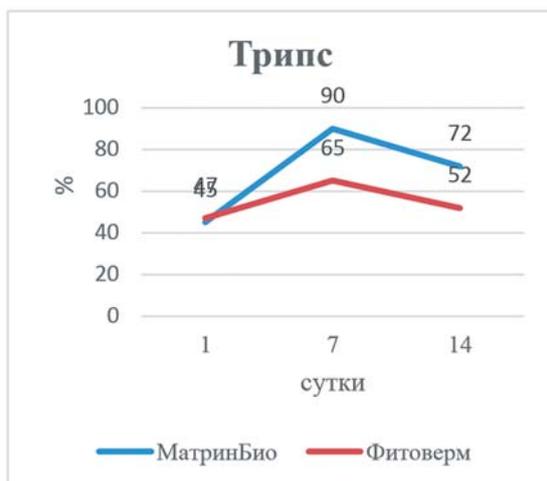


Рис. 3. Биологическая эффективность биоинсектицидов МатринБио, ВР и Фитоверм, КЭ против табачного трипса и бахчевой тли при однократном применении на бахчевых культурах в пленочной теплице
Fig. 3. Biological effectiveness of bioinsecticides MatrinBio and Fitoverm against tobacco thrips and melon aphid with a single application on melons in a film greenhouse

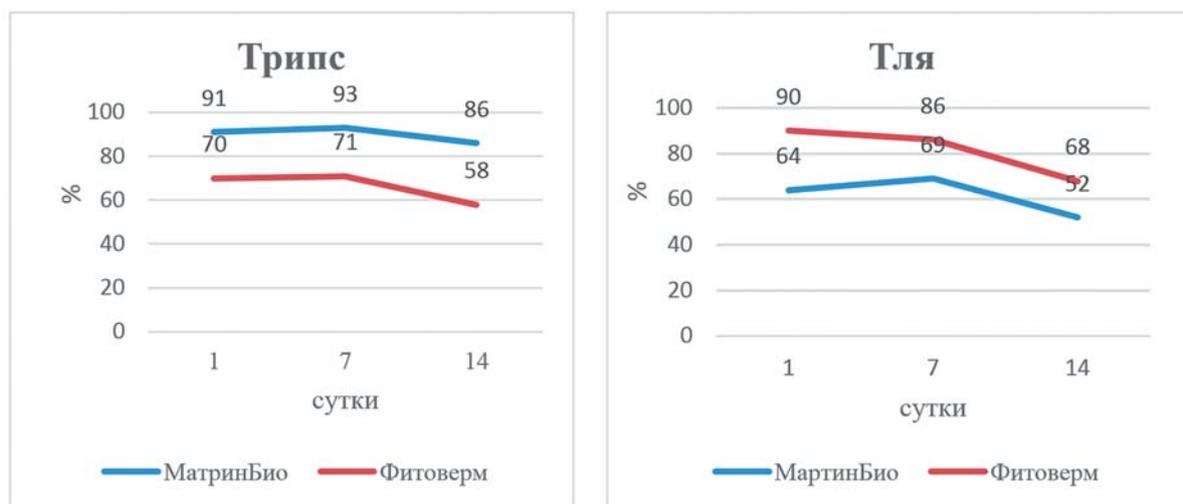


Рис. 4. Биологическая эффективность биоинсектицидов МатринБио, ВР и Фитоверм, КЭ против табачного трипса и бахчевой тли при повторном (сдвоенном) применении на бахчевых культурах в пленочной теплице
 Fig. 4. Biological effectiveness of bioinsecticides MatrinBio and Fitoverm against tobacco thrips and melon aphid with repeated (double) application on gourds in a film greenhouse

Таблица 1. Биологическая эффективность пестицидов МатринБио, ВР и Фитоверм, КЭ против табачного трипса и бахчевой тли на бахчевых культурах в пленочной теплице, (снижение численности относительно контроля после обработки по дням учета), %, 2022 год
 Table 1. Biological effectiveness of pesticides MatrinBio and Fitoverm against tobacco thrips and gourd aphids on gourds in a film greenhouse, (reduction in numbers relative to control after treatment by counting days), %, 2022

Вариант	Норма расхода препарата мл/100 м ²	Кратность обработки	Среднее число живых вредителей на растение (лист), шт.			Снижение численности по суткам учетов, %			
			до обработки	После обработки по суткам учетов		1	7	14	
				1	7				14
МатринБио, ВР (препарат)	10	одна	54	30	5	15	45	90	72
		сдвоенная		5	4	7	91	93	86
Фитоверм, КЭ (эталон)	10	одна	42	22	14	20	47	65	52
		сдвоенная		13	12	18	70	71	58
Без обработки (контроль)*	-	-	68	68	68	68	0	0	0

* Среднее число насекомых, с учетом размножения и миграции

Таблица 2. Биологическая эффективность пестицидов МатринБио, ВР и Фитоверм, КЭ против бахчевой тли на бахчевых культурах в пленочной теплице, (снижение численности относительно контроля после обработки по дням учета), %, 2022 год
 Table 2. Biological effectiveness of pesticides MatrinBio and Fitoverm against gourd aphids on gourds in a film greenhouse, (reduction in numbers relative to control after treatment by days of counting), %, 2022

Вариант	Норма расхода препарата мл/100 м ²	Кратность обработки	Среднее число живых вредителей на растение (лист), шт.			Снижение численности по суткам учетов, %			
			до обработки	После обработки по суткам учетов		1	7	14	
				1	7				14
МатринБио, ВР (препарат)	10	одна	122	69	45	73	43	63	40
		сдвоенная		44	38	59	64	69	52
Фитоверм, КЭ (эталон)	10	одна	117	65	30	47	43	84	59
		сдвоенная		12	16	36	90	86	68
Без обработки (контроль)*	-	-	143	143	143	143	0	0	0

* Среднее число насекомых, с учетом размножения и миграции

В рекомендациях по применению биопрепаратов против насекомых в условиях теплиц период защитного действия сохраняется до семи дней и затем резко снижается. Применение двукратной (сдвоенной) обработки на седьмые сутки после первого опрыскивания способствовало

снижению численности вредителей и увеличению периода защитного действия (рис. 4). Биологическая эффективность препарата МатринБио, ВР по снижению численности табачного трипса выше на 22...28%, чем против бахчевой тли в сравнении с эталоном (табл. 1,2).



Рис. 5. Гибель колонии бахчевой тли на седьмые сутки после обработки МатринБио, ВР
Fig. 5. The death of a melon aphid colony on the seventh day after treatment with MatrinoBio

Выводы

Обработка растений бахчевых культур в фазу цветения инсектоакарицидом МатринБио, ВР способствовало уменьшению численности табачного трипса через сутки после обработки на 43%. Максимальная эффективность проявлялась на седьмой день, гибель насекомых – 90%, затем защитный эффект уменьшался.

Применение препарата МатринБио, ВР против бахчевой тли показал меньшую эффективность. Отмечено снижение численности вредителя через день после обработки на 45 %, а максимальное количество гибели насекомых на седьмой день составляло 63 %, затем защитные свойства инсектицида снижались.

При двоянной (повторной) обработке растений с интервалом семь дней биологическая эффективность пре-

Об авторах:

Виктор Эдуардович Лазко – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории бахчевых и луковых культур, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>, автор для переписки, lazko62@mail.ru

Елена Николаевна Благородова – доцент кафедры овощеводства

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

Екатерина Викторовна Ковалева – младший научный сотрудник лаборатории бахчевых и луковых культур, evik22041976@mail.ru



Рис. 6. Количество табачного трипса через семь суток после применения инсектоакарицида МатринБио, ВР
Fig. 6. The number of tobacco thrips seven days after the application of MatrinoBio insectoacaricide

парата против табачного трипса составила 93 %. После повторного применения, снижение численности бахчевой тли составило 69 % от исходной.

Сравнивая эффективность инсектицида МатринБио, ВР с эталоном Фитоверм, КЭ против вредителей на бахчевых культурах, можно сделать вывод, что для снижения численности табачного трипса лучшим является МатринБио, ВР, но для контроля численности бахчевой тли рекомендуется использовать Фитоверм, КЭ.

Для предотвращения возникновения резистентности у вредителей в условиях защищенного грунта рекомендуется включать препарат МатринБио, ВР в интегрируемую систему защиты и чередовать с инсектоакарицидами из других классов или применять в различных комбинациях.

About the Authors:

Victor E. Lazko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Melon and Onion Crops, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2634>, Correspondence Author, lazko62@mail.ru

Elena N. Blagorodova – Associate Professor

Olga V. Yakimova – Researcher of the Laboratory of Melon and Onion Crops, belyaeva12092013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1726-6580>

Ekaterina V. Kovaleva – Junior Researcher of the Laboratory of Melons and Onion Crops, evik22041976@mail.ru

Литература

1. Великань В.С. Иванова Г.П. Изменение фауны трипсов (Thysanoptera) в теплицах России. Тез. докл. XII съезда Русского энтомоп. о-ва. СПб., 2002. С.56-57.
2. Bhatti J.S. The classification of Terebrantia (Insecta) into families. *Oriental Insects*. 2006;(40):339-375.
3. Великань В.С., Иванова Г.П., Бельх Е.Б. Вредители овощных культур защищенного грунта. Трипсы. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб. 2009. С.203-205.
4. Долженко В.И., Клишина И.С. Видовое разнообразие трипсов в теплицах СевероЗапада региона России. *Информационный бюллетень ВПРС МОББ*. Кишинев. 2009;(40):85-86.
5. Grimaldi D.A., Michael S.E. *Evolution of the Insects. England: Cambridge University Press*, 2005. P.772.
6. Дзюба В.А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных. Методическое пособие. Краснодар, 2007. 76 с.
7. <http://nasekomoe.ru/insect/pathogeny-nasekomyh-i-klewei/rod-synnematium-speare>
8. <http://vredstop.ru/nasekomye/tlya-na-komnatnyh-rastenyax.html>
9. <http://planeta2012.com.ua/produktsiya/biopreparats/insects1/6-boverin>
10. Поздняков С.А. Биологическая эффективность некоторых инсектицидов против западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* Pegrande. *Гаеруш*. 2004;(2):25-26.
11. [augustcondu.ru upload/Catalog AUGUST 2022 rev 1](http://augustcondu.ru/upload/Catalog_AUGUST_2022_rev_1).
12. <http://superdom.ua/view/7178-organicheskoe-zemledelie-zashchita-ot-vreditelej.html>
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
14. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: 2011. 648 с.

References

1. Velikan V.S., Ivanova G.P. Changes in the fauna of thrips (Thysanoptera) in Russian greenhouses. Abstract. report XII Congress of the Russian Entomol. islands. St. Petersburg, 2002. P.56-57. (In Russ.)
2. Bhatti J.S. The classification of Terebrantia (Insecta) into families. *Oriental Insects*. 2006;(40):339-375.
3. Velikan V.S., Belykh E.B. Pests of vegetable crops in protected ground. Thrips. Guidelines for registration testing of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture. St. Petersburg. 2009. P.203-205. (In Russ.)
4. Dolzhenko V.I., Klisina I.S. Species diversity of thrips in greenhouses of the North-West region of Russia. *Newsletter VPRS MOBB*. Chisinau. 2009;(40):85-86. (In Russ.)
5. Grimaldi D.A., Michael S.E. *Evolution of the Insects. England: Cambridge University Press*, 2005. P.772.
6. Dzyuba V.A. Multifactor experiments and methods of biometric analysis of experimental data. Krasnodar, 2007. 76 p. (In Russ.)
7. <http://nasekomoe.ru/insect/pathogeny-nasekomyh-i-klewei/rod-synnematium-speare>
8. <http://vredstop.ru/nasekomye/tlya-na-komnatnyh-rastenyax.html>
9. <http://planeta2012.com.ua/produktsiya/biopreparats/insects1/6-boverin>
10. Pozdnyakov S.A. Biological effectiveness of some insecticides against the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pegrande. *Gavriush*. 2004;(2):25-26. (In Russ.)
11. [augustcondu.ru upload/Catalog AUGUST 2022 rev 1](http://augustcondu.ru/upload/Catalog_AUGUST_2022_rev_1).
12. <http://superdom.ua/view/7178-organicheskoe-zemledelie-zashchita-ot-vreditelej.html>
13. Dospikhov B. A. Methods of field experience. M.: Alliance, 2014. 351 p. (In Russ.)
14. Litvinov S.S. The methodology of experimental work in vegetable growing. M.: 2011. 648 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-70-74>
УДК 632.934:632.38/.4

В.О. Рудаков^{1,2},
В.Л. Баранов³, А.А. Ткачев^{3*}

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» 143050, Россия, Московская область, Одинцовский район, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5

² ООО «АгроБиоТехнология» 125212, Россия, г. Москва, Кронштадский бульвар, д. 7, стр. 4, помещение V, офис 43

³ ООО НПО «ЛИТ» 141701, Россия, Московская обл., г. Долгопрудный, Лихачевский проезд, д. 25

*Автор для переписки: tkachev@npo.lit.ru

Конфликт интересов: несколько авторов работают в компании, производящей оборудование для УФ-обеззараживания.

Вклад авторов: Рудаков В.О. – дизайн исследования, сбор данных и микробиологические исследования, подготовка статьи, Баранов В.Л. – дизайн исследования, техническое обеспечение, анализ данных, Ткачев А.А. – замысел исследования, редактирование статьи.

Для цитирования: Рудаков В.О., Баранов В.Л., Ткачев А.А. Оценка эффективности обеззараживания ультрафиолетом (254 нм) водных растворов от фитопатогенных микроорганизмов. *Овощи России*. 2023;(2):70-74. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-70-74>

Поступила в редакцию: 02.02.2023

Принята к печати: 14.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Valery O. Rudakov^{1,2},
Victor L. Baranov³, Andrey A. Tkachev^{3*}

¹ Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of hytopathology» st. Institute, property 5, Bolshie Vyazemy, Russia Odintsovsky district, Moscow region, 143050, Russia

² AgroBioTechnology LLC Kronshtadsky boulevard, 7/4, room V, office 43, Moscow, 125212, Russia

³ LLC "LIT" Likhachevskiy proezd, 25, Dolgoprudniy, Moscow region, 141701, Russia

*Corresponding Author: tkachev@npo.lit.ru

Conflict of Interest: Several authors work for a company that manufactures UV disinfection equipment.

Authors' contribution: Rudakov V.O. – study design, data collection and analysis, article preparation, Baranov V.L. – study design, technical support, data analysis, Tkachev A.A. – idea of study, article editing.

For citations: Rudakov V.O., Baranov V.L., Tkachev A.A. Evaluation of the effectiveness of ultraviolet disinfection (254 nm) of aqueous solutions from phytopathogenic microorganisms. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):70-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-70-74>

Received: 02.02.2023

Accepted for publication: 14.03.2023

Published: 03.04.2023

Оценка эффективности обеззараживания ультрафиолетом (254 нм) водных растворов от фитопатогенных микроорганизмов



Резюме

Актуальность. В настоящее время тепличные комплексы используют воду для полива из открытых поверхностных источников (прудов, озер, рек) и подземную воду из скважин, добавляя в нее возвратный (дренажный) раствор. При этом вода как из открытых источников, так и дренажный раствор, часто становится источником появления и распространения в теплицах фитопатогенной инфекции, приносящей экономически значимые потери урожая. В связи с этим необходимость разработки гарантированных методов и способов обеззараживания дренажной воды и воды открытых источников является актуальной. Одним из методов обеззараживания воды является применение ультрафиолетового облучения, но для эффективного применения облучения необходимо обеспечение минимальной эффективной УФ-дозы, характерной для данного возбудителя.

Результаты. Была проведена работа по экспериментальному установлению доз УФ-облучения, которые позволяют обеспечить полную инактивацию вегетативных клеток и спор бактерий и грибов (*Agrobacterium tumefaciens*, *Pythium debaryanum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Phoma destructiva*), находящихся в растворе, приготовленном на основе дистиллированной воды. Доза УФ-облучения 40 мДж/см² обеспечила полную инактивацию бактериального возбудителя, а доза 60 мДж/см² показала полную инактивацию возбудителей исследованных грибных инфекций.

Ключевые слова: теплицы, фитопатогенные микроорганизмы, грибы, бактерии, обеззараживание, ультрафиолет

Evaluation of the effectiveness of ultraviolet disinfection (254 nm) of aqueous solutions from phytopathogenic microorganisms

Abstract

Relevance. Currently, greenhouse complexes use water for irrigation from open surface sources (ponds, lakes, rivers) and underground water from wells, adding a return (drainage) solution to it. At the same time, water from both open sources and drainage solution often becomes a source of emergence and spread of phytopathogenic infection in greenhouses, which brings economically significant crop losses. In this regard, the need to develop guaranteed methods and methods for the disinfection of drainage water and water from open sources is relevant. One of the methods of water disinfection is the use of ultraviolet irradiation, but for the effective use of irradiation, it is necessary to ensure the minimum effective UV dose. This UV dose is typical for each pathogen.

Results. Work was carried out to experimentally establish doses of UV irradiation that allow complete inactivation of vegetative cells and spores of bacteria and fungi (*Agrobacterium tumefaciens*, *Pythium debaryanum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Phoma destructiva*) in a solution prepared on the basis of distilled water. A dose of UV irradiation of 40 mJ/cm² ensured complete inactivation of the bacterial pathogen, and a dose of 60 mJ/cm² showed complete inactivation of the pathogens of the studied fungal infections.

Keywords: greenhouses, phytopathogenic microorganisms, fungi, bacteria, disinfection, ultraviolet

Введение

Болезни растений возникают как в старых теплицах с накопившимися очагами инфекции, так и в новых теплицах без инфекции [1]. В чистых обеззараженных теплицах одним из основных источников возникновения болезней является вода (в случаях забора из внешних открытых источников), а возвратный дренажный раствор часто становится распространителем-умножителем попавших в единичном количестве патогенов. В тепличных комплексах по выращиванию овощных культур – огурец, томат, салат, баклажан и др. к этим источникам добавляется семенная инфекция, а в теплицах цветочных культур – рассада и черенки. Фитосанитарное состояние семян, черенков и рассады обычно сложно установить по внешним признакам. Заметные внешние признаки могут проявиться даже при хорошем уходе только в период вегетации: на однолетних овощных и цветочных культурах в фазе цветения, а на многолетних цветочных – на третьем году или даже позже.

В частности, проблема с инфицированными черенками связана с тем, что при их заготовке традиционно принимается представление, по которому одревесневшие ветки 1–2 года не должны быть инфицированы. Даже в случае видимой зараженности корней и старых веток прикорневой части стебля считается, что инфекция не успевает распространиться в ветки возраста 1 и 2 года. Однако наши фитопатологические анализы убеждают, что такие случаи встречаются и это не является редкостью. Типичными бывают зараженности вертициллезом, фузариозом и бактериозом, реже в ветках 1 и 2 года встречается возбудитель инфекционного ожога (*Coniothyrium*) [2].

При переносе укорененных черенков и рассады в теплицу инфицированными могут оказаться единичные растения, но удержать проявление инфекции на уровне единичного случая обычно не удается. За период от 1 до 3 лет патогенные грибы активизируются, прорастают и распространяются мицелием и спорами с возвратным дренажным раствором и спорами по воздуху, заражая другие растения. По теплице разносятся также с каплями воды при орошении, на режущих поверхностях инструментов при обрезке, а также и другими способами.

Анализы дренажной воды, прошедшей через систему очистки (песчаные и механические фильтры и зарубежная установка ультрафиолетового облучения), показывают, что в существующей производственной практике используемые установки не обеспечивают ожидаемого эффекта. Надежное обеззараживание достигается только от живых клеток (бактерий, не образующих спор, и мицелия грибов), а споры спорообразующих бактерий и грибов проходят и сохраняют жизнеспособность – содержание в разных случаях варьирует, часто оставаясь на опасном для растений уровне.

Полное обеззараживание всегда наблюдали только после фильтрации методом обратного осмоса или добавления пестицидов в питающий раствор. Защитный эффект применения фунгицида имеет ограничения во времени, и требуется постоянное добавление для поддержания эффекта, иначе через некоторое время после прекращения подачи его в раствор заболевания возобновляются.

Подробных анализов причин проявления в теплицах пониженной практической эффективности обеззараживания растворов методом УФ-облучения до настоящего времени в литературе встречено не было.

Задачей исследования являлось определения эффективных доз УФ-облучения для надежного снижения содержания в поливном водном растворе фитопатогенов, обычно встречающихся в теплицах, ниже уровня, приводящего к возникновению и распространению заболеваний. Пороговое значение содержания числа конидий в 1 г субстрата для возможного заражения, например, корневыми фузариозными гнилями, находится на уровне 15–20 конидий/грамм воздушно сухого субстрата, а экономически значимый порог в открытом грунте приближается к 1×10^3 конидий/г [3]. При этом опыт показывает, что титр конидий 15–20 конидий/г в теплице будет несущественным на первом этапе попадания в раствор (первом обороте раствора), но даже в одном зараженном растении произойдет инкубация патогена, и на втором этапе (обороте раствора) титр вырастает в 10, а иногда в 100 раз.

Принцип УФ-обеззараживания основан на необратимых повреждениях ДНК и РНК микроорганизмов. Главную роль при этом играет образование тиминовых и пиримидиновых димеров, которые разрушают структуру ДНК и РНК, делая невозможным размножение микроорганизма. Кроме того, при УФ-облучении образуются межнитевые сшивки и однонитевые разрывы молекул ДНК. Отмечается повреждение РНК в бактериях, в результате чего происходит замедление или прекращение синтеза активных белков (ферментов). При воздействии УФ на структурные белки наиболее вероятным являются повреждение клеточных мембран.

Устойчивость разных типов микроорганизмов к УФ-излучению варьируется значительно: от низкой устойчивости живых бактерий в вегетативной форме до высокоустойчивых спор и вирусов. Более того, окружающая микроорганомы среда сильно влияет на дозу облучения. Для того чтобы УФ-энергия стала эффективной против микроорганизма, квант ультрафиолета должен поглотиться ДНК, РНК или белком, находящимся внутри клетки микроорганизма. Например, при равной дозе облучения грамположительные бактерии с толстой капсулой протоплазмы оказываются намного устойчивее, чем грамотрицательные бактерии с тонкой капсулой.

Основной характеристикой процесса УФ-обеззараживания, определяющей степень снижения количества микроорганизмов данного типа в процессе облучения, является произведение интенсивности излучения – I (мВт/см²) и времени облучения – t (с). Произведение называется дозой облучения – D (мДж/см²). Доза облучения определяет количество энергии ультрафиолетового излучения, сообщаемое микроорганизмам.

Зависимость количества неповрежденных клеток описывается уравнением:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kD},$$

где N_0 – количество микроорганизмов до облучения, N – количество микроорганизмов после облучения УФ-излучением с дозой облучения D , k – стандартная константа чувствительности микроорганизма к воздействию УФ-излучения. Величина k зависит от вида микроорганизма.

Данное уравнение является хорошим первым приближением, описывающим инактивацию микроорганизмов в зависимости от приложенной дозы облучения.

Основной исходной задачей при выборе УФ-оборудования является определение эффективной дозы УФ-излучения, достаточной для обеззараживания вод до требуемых уровней микробиологических показателей [4].

Для проведения модельных опытов использовали коллекцию фитопатогенных грибов и бактерий, распространенных в закрытом грунте. В экспериментах испытывали 5 наиболее характерных представителей патогенного комплекса, встречающихся в современных тепличных хозяйствах, различающихся по морфологии и особенностям паразитирования на растениях:

Представитель оомицетов. *Pythium debaryanum*. Распространяется и сохраняется в водной среде гидропонной культуры и во влажной почве. Поражает и разрушает внутренние ткани корней.

Представители несовершенных конидиальных. *Fusarium oxysporum* и *Verticillium dahliae*. Распространяются во всех видах субстрата – почве, торфе, кокосовом волокне и минеральной вате. Заражают растения через корни. Развиваются во внутренних тканях корней и сосудистой системе растений и прорастают от корня по стеблю до плодов, вызывают увядание растений и способны привести к гибели. Споры сохраняются в субстрате и в семенах.

Представитель пикнидиальных. *Phoma destructiva*. Споры переносятся по воздуху и с дренажным раствором. Инфекция сохраняется на поверхностях теплицы. Паразитирует в тканях листьев и плодов. Споры сохраняются в семенах.

Представитель бактерий, не образующих спор. Грамотрицательная аэробная подвижная палочка *Agrobacterium tumefaciens*. Сохраняется в водной среде, распространяется с дренажным раствором. Чаще всего встречается при гидропонном выращивании культур. Паразитирует во внутренних тканях растений. Вызывает образование корончатых галл у растений в закрытом грунте.

Методика исследований

Испытывали устойчивость микроорганизмов к УФ-воздействию методом облучения водной суспензии спор 4 видов отобранных грибов и 1 неспорообразующей бактерии.

Для проведения экспериментов готовили рабочий раствор методом смыва стерильной дистиллированной водой спор с колонии испытываемых видов грибов, вырастающих на поверхности твердой питательной среды (агаре Чапека). Жидкую культуру бактерии выращивали в 0,5% жидкой среде дрожжевого экстракта.

УФ-облучению подвергали водную суспензию рабочего раствора микроорганизмов с титром = 1×10^3 клеток/мл. Эта концентрация значительно превышает реальное содержание любого фитопатогена в дренажных водах теплиц даже при самой неблагоприятной ситуации (по нашим наблюдениям, титр содержания фитопатогенных микроорганизмов в растворе обычно от 1-2 до 100 конидий/мл раствора). Титр рабочего раствора контролировали методом подсчета микроорганизмов в камере Горяева. Число КОЕ/мл устанавливали методом посева суспензии раствора с микроорганизмами после облучения на селективные агаризованные микробиологические среды (среда Чапека

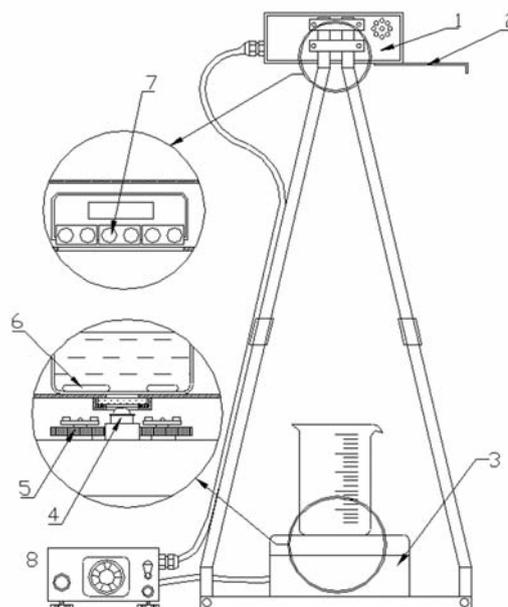


Рис. 1. Прибор модельного УФ-облучения «ПИКЧ»
1 – ламповый блок; 2 – заслонка; 3 – блок перемешивания; 4 – фотоприемник; 5 – магнитные мешалки; 6 – магниты; 7 – УФ-лампы; 8 – блок питания

Fig. 1. Device for model UV irradiation "PIKCH"
1 – lamp block; 2 – damper; 3 – mixing block; 4 – photodetector; 5 – magnetic stirrers; 6 – magnets; 7 – UV lamps; 8 – power supply

и агаре с дрожжевым экстрактом).

УФ-облучения производили с использованием компактного лабораторного прибора ПИКЧ (рис. 1), разработанного НПО «ЛИТ». Он позволяет определять зависимость степени обеззараживания облучаемой воды от дозы УФ-облучения и проводить измерения коэффициента пропускания воды на длине волны 254 нм [5]. Чувствительность микробиологического показателя к УФ-облучению определяется по результатам измерений его величины в пробах воды, облученных различными дозами УФ-излучения.

В приборе выбрана непроточная схема с полным перемешиванием жидкости с помощью магнитных мешалок. При этом заданная УФ-доза обеспечивается выбором соответствующего времени облучения источником ультрафиолета постоянной мощности. В приборе за счет полного перемешивания достигается равномерное облучение всей тестируемой жидкости. Для контроля абсолютной интенсивности УФ-излучения имеется специальный фотоприемник. Его калибровка осуществляется источником стабильного излучения, прошедшим метрологическую поверку в лаборатории Госстандарта.

Проводили по три серии облучения различными УФ-дозами. Пробы для микробиологического анализа до и после облучения отбирали из каждого варианта по 1 мл и 0,1 мл. Пробу переносили в чашку Петри с агаром Чапека (для грибов) и агаром дрожжевого экстракта (для бактерий) в 5 повторностях. Контроль – проба, отобранная до облучения.

Оценивали устойчивость микроорганизмов к УФ-облучению методом подсчета вырастающих колоний на агаровой среде (агаре Чапека и агаре дрожжевого экстракта).

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных экспериментов приведены в таблицах 1-5.

Таблица 1. Влияние УФ-облучения водной суспензии спор гриба *Verticillium dahliae* на инактивацию микроорганизма
 Table 1. Effect of UV irradiation of an aqueous suspension of spores of the fungus *Verticillium dahliae* on microorganism inactivation

№	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	Концентрация, КОЕ/мл				LOG инактивации
		Серия 1	Серия 2	Серия 3	Среднее, ±σ	
1	0	271	147	149	189±71	-
2	20	28	0,6	4	11±15	1,2
3	40	2	0,2	0	0,7±1,1	2,4
4	60	0	0	0	0	>3,5
5	100	0	0	0	0	>3,5
6	150	0	0	0	0	>3,5
7	250	0	0	0	0	>3,5

Таблица 2. Влияние УФ-облучения водной суспензии спор гриба *Fusarium oxysporum* на инактивацию микроорганизма
 Table 2. Effect of UV irradiation of an aqueous suspension of spores of the fungus *Fusarium oxysporum* on microorganism inactivation

№	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	Концентрация, КОЕ/мл				LOG инактивации
		Серия 1	Серия 2	Серия 3	Среднее, ±σ	
1	0	139	137	130	135±5	-
2	20	3,2	7,8	3,4	4,8±3	1,5
3	40	0	2	0	0,7±1,2	2,3
4	60	0	0	0	0	>3,3
5	100	0	0	0	0	>3,3
6	150	0	0	0	0	>3,3
7	250	0	0	0	0	>3,3

Таблица 3. Влияние УФ-облучения водной суспензии спор гриба *Phoma destructiva* на инактивацию микроорганизма
 Table 3. Effect of UV irradiation of an aqueous suspension of *Phoma destructiva* spores on microorganism inactivation

№	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	Концентрация, КОЕ/мл				LOG инактивации
		Серия 1	Серия 2	Серия 3	Среднее, ±σ	
1	0	110	140	90	113±25	-
2	20	93	79	84	85±7	0,1
3	40	12	10	10	11±1,1	1,0
4	60	0	0	0	0	>3,2
5	100	0	0	0	0	>3,2
6	150	0	0	0	0	>3,2
7	250	0	0	0	0	>3,2

Таблица 4. Влияние УФ-облучения водной суспензии споромицелиальной массы гриба *Pythium debaryanum* на инактивацию микроорганизма
 Table 4. Effect of UV irradiation of an aqueous suspension of the sporomycelial mass of the fungus *Pythium debaryanum* on the inactivation of the microorganism

№	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	Концентрация, КОЕ/мл				LOG инактивации
		Серия 1	Серия 2	Серия 3	Среднее, ±σ	
1	0	113	92	50	85±32	-
2	5	2,6			2,6	1,5
3	10	0,2			0,2	2,6
4	15	0			0	>2,6
5	20	0		5,0	2,5±4	1,5
6	40	0	5,2	0	1,7±3	1,7
7	60		0	0	0	>3,0
8	80	0			0	>2,6
9	90		0		0	>2,6
10	100			0	0	>2,6
11	150		0	0	0	>3,0
12	250		0	0	0	>3,0
13	300		0		0	>2,6

Таблица 5. Влияние УФ-облучения водной суспензии бактерий *Agrobacterium tumefaciens* на инактивацию микроорганизма
 Table 5. Effect of UV irradiation of an aqueous suspension of bacteria *Agrobacterium tumefaciens* on microorganism inactivation

№	Доза УФ-облучения, мДж/см ²	Средняя концентрация, ± КОЕ/мл	LOG инактивации
1	0	910±102	-
2	15	704±82	0,1
3	20	15±9	1,8
4	30	0,2±0,4	3,7
5	40	0	>3,7
6	100	0	>3,7
7	150	0	>3,7

В ходе лабораторных экспериментов с модельными растворами, содержащими фитопатогенные микроорганизмы (споры грибов *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum*, *Phoma destructiva* и *Pythium debaryanum*, а также бактерии *Agrobacterium tumefaciens*), установлены дозы УФ-облучения, которые позволяют обеспечить полную инактивацию вегетативных клеток бактерий и грибов, а также их спор, находящихся в растворе, приготовленном на основе дистиллированной воды.

Эффективная доза УФ-облучения 60 мДж/см² обеспечивает полную инактивацию изученных источников грибной фитопатогенной инфекции в исследованных пробах, что соответствует более чем 99,9%-ному сни-

жению (LOG 3) содержания его спор в растворе.

Эффективная доза УФ-облучения 40 мДж/см² позволила обеспечить полную инактивацию фитопатогенной бактерии *Agrobacterium tumefaciens* в исследованных пробах, что практически соответствует 99,99%-ному снижению (LOG 4) содержания его спор в растворе.

При выборе УФ-оборудования для обеззараживания используемой для полива оборотной дренажной воды и воды открытых источников необходимо дополнительно учитывать физико-химические свойства обрабатываемой воды, а также конструктивные особенности применяемого УФ-оборудования для обеспечения требуемой эффективной УФ-дозы.

Об авторах:

Валерий Олегович Рудаков – кандидат биол. наук, заведующий лабораторией фитопатологии ООО «АгроБиоТехнология»
Виктор Львович Баранов – начальник технологического отдела, ООО НПО «ЛИТ»
Андрей Анатольевич Ткачев – заместитель генерального директора по маркетингу, ООО НПО «ЛИТ», автор для переписки, tkachev@npolit.ru

About the Authors:

Valery O. Rudakov – Cand. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of Phytopathology, AgroBioTechnology LLC
Victor L. Baranov – Head of the Technology Department, LLC "LIT"
Andrey A. Tkachev – Deputy General Director for Marketing, LLC "LIT", Correspondence Author, tkachev@npolit.ru

• Литература

- Ахатов А.К., Ганнибал 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., Белашапкина О.О. *Болезни и вредители овощных культур и картофеля*. М.: КМК, 2013.
- Рудаков В.О. Роза на гидропонике. Фитопатологические проблемы при производстве роз на срезку в теплицах и возможности их решения с применением биопрепаратов. *Гавриш*. 2015;(2):46-47.
- Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2016.
- Кармазинов Ф.В., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н., Храменков С.В., редакторы *Ультрафиолетовые технологии в современном мире*. Долгопрудный: Интеллект; 2012.
- Васильев С.А., Ахмадеев В.В., Волков С.В., Якименко А.В. Технологическое обследование очистных сооружений канализации и выбор УФ-оборудования. *Водоснабжение и санитарная техника*. 1999;(4):16-20.

• References

- Akhatov A.K., Gannibal F.B., Meshkov Yu.I., Dzhalilov F.S., Chizhov V.N., Ignatov A.N., Polishchuk V.P., Shevchenko T.P., Borisov B.A., Stroykov Yu.M., Beloshapkina O.O. *Diseases and pests of vegetables and potatoes*. Moscow: KMK, 2013. 463 p. (In Russ.)
- Rudakov V.O. Hydroponic rose. Phytopathological problems in the production of cut roses in greenhouses and the possibility of their solution using biological products. *Gavrish*. 2015;(2):46-47. (In Russ.)
- Karmazinov F.V., Kostyuchenko S.V., Kudryavtsev N.N., Khramenkov S.V. (eds.) *Ultraviolet technologies in the modern world*. Dolgoprudny: Intellect; 2012. (In Russ.)
- Economic thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in crops: a reference book. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotech", 2016, 76 p. (In Russ.)
- Vasiliev S.A., Akhmadeev V.V., Volkov S.V., Yakimenko A.V. Technological inspection of sewage treatment facilities and selection of UV equipment. *Water Supply and Sanitary Engineering*. 1999;(4):16-20. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-75-81>
УДК 635.63:632.938.1:631.523.13

Д.Д. Теплякова

ООО "Гибрид"

Россия, Краснодарский край, Крымский район,
х. Новоукраинский,
тер. Новоукраинский, 1, пом. 1

*Адрес для переписки:

ira.kalinovskaya@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Теплякова Д.Д.

Эффективность использования генетического
маркера *F295* для оценки устойчивости образ-
цов огурца к вирусу зеленой крапчатой мозаи-
ки (*ВЗКМО*). *Овощи России*. 2023;(2):75-81.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-75-81>

Поступила в редакцию: 01.02.2023

Принята к печати: 20.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Daria D. Teplyakova

LLC "Hybrid"

ter. Novoukrainsky 1, office 1 Kh. Novoukrainsky,
Krymsky District, Krasnodar kray, Russia

*Correspondence: ira.kalinovskaya@mail.ru

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

For citations: Teplyakova D.D. The effectiveness
of the use of the genetic marker *F295* to assess
the resistance of cucumber samples to the green
mottled mosaic virus (*CGMMV*). *Vegetable crops
of Russia*. 2023;(2):75-81. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-75-81>

Received: 01.02.2023

Accepted for publication: 20.03.2023

Published: 03.04.2023

Эффективность использования генетического маркера *F295* для оценки устойчивости образцов огурца к вирусу зеленой крапчатой мозаики (*ВЗКМО*)



Резюме

Актуальность. Вирус зеленой крапчатой мозаики огурца (*ВЗКМО/CGMMV*) является узкоспециализированным вирусом (группа *Tobamovirus*). Он является существенной угрозой для тыквенных культур. На высоком инфекционном фоне потери урожая огурца как в открытом, так и защищенном грунте могут быть близки к 100%. Распространение вируса происходит многими способами. Самым опасным является заражённый семенной материал. Один из эффективных методов профилактики *ВЗКМО* – создание генетически устойчивых гибридов к вирусным заболеваниям. Был проведен опыт для определения эффективности применения маркера *F295* для отбора устойчивых образцов.

Результаты. При сопоставлении результатов определения устойчивости на искусственном фоне и результаты ПЦР анализа по этим же образцам рассчитали эффективность работы генетического маркера *F295*, которая составила 65%. Так, уровень эффективности средний, для более объективной оценки необходимо создание другого – основного маркера, который будет определять прямое наличие устойчивости именно к *ВЗКМО*. Применение маркера *F295* актуально в сочетании с другими методами определения устойчивости, что позволит ускорить и повысить эффективность селекционного процесса.

Ключевые слова: огурец, родительские линии гибридов, вирус зеленой крапчатой мозаики огурца *CGMMV*, генетические маркеры, ПЦР-анализ

The effectiveness of the use of the genetic marker *F295* to assess the resistance of cucumber samples to the green mottled mosaic virus (*CGMMV*)

Abstract

Relevance. Cucumber green mottled mosaic virus (*CGMMV*) is a highly specialized virus (group *Tobamovirus*). It is a significant threat to cucurbits. On a high infectious background, cucumber yield losses, both in open and protected ground, can be close to 100%. The spread of the virus occurs in many ways. The most dangerous is the infected seed material. One of the effective methods of preventing *CGMMV* is the creation of genetically resistant hybrids to viral diseases. An experiment was conducted to determine the effectiveness of the use of the marker *F295* for the selection of resistant samples.

Results. When comparing the results of determining resistance against an artificial background and the results of PCR analysis for the same samples, we calculated the efficiency of the genetic marker *F295*, which was 65%. Since the level of effectiveness is average, for a more objective assessment, it is necessary to create another – the main marker, which will determine the direct presence of resistance to *CGMMV*. The use of the *F295* marker is relevant in combination with other methods for determining resistance, which will speed up and increase the efficiency of the breeding process.

Keywords: cucumber, parental lines, cucumber green mottled mosaic virus *CGMMV*, genetic markers, PCR-analysis

Введение

Вирус крапчатой мозаики огурца (*CGMMV/ВЗКМО*) является узкоспециализированным вирусом группы *Tobamovirus* и весомой угрозой для тыквенных культур. На огурце в открытом и защищенном грунте, при сильном инфекционном фоне потери урожая могут быть близки к 100%. [1]

ВЗКМО впервые был описан в 1935 году в Великобритании, и достаточно быстро был далее идентифицирован во многих точках по всему миру [2].

ках, на поверхностях сельскохозяйственных сооружений и оборудовании, даже в экстремальных климатических условиях [3].

Если гибрид не имеет устойчивости и его семена были заражены, то первые симптомы проявятся уже через 2-3 недели после появления всходов [4].

Выбирая генетически устойчивые к вирусным заболеваниям гибриды, можно значительно снизить риск поражение вирусом. Ускорить и повысить качество селекционной работы по созданию устойчивых гибридов поз-



Рис. 1. Симптомы поражения растений огурца ВЗКМО
Fig. 1. Symptoms of detection of cucumber plants CGMMV

Первые симптомы проявляются на молодых листьях в виде выпуклых темно-зеленых пятен неровной формы. По мере разрастания листьев пятна становятся менее четкими. При высоком уровне освещения и высокой температуре *ВЗКМО* может проявиться в виде увядающих листьев, похожих по симптомам на корневые увядания, но при этом корневая система не повреждена.

Первично вирус переносится зараженным семенным материалом. Это способствует быстрому территориальному распространению, и массовому поражению. Длительное время он сохраняется в растительных остат-

воляет применение молекулярных ДНК-маркеров путем прямой идентификации наличия генов устойчивости [5].

На сегодняшний день в нашей работе нет доступного генетического маркера, позволяющего определять напрямую наличие устойчивости к *ВЗКМО*, но есть генетический маркер *F295* определяющий наличие генов устойчивости к вирусу пожелтения жилок огурца (*CVYV*). В некоторых литературных источниках встречается информация о том, что данный маркер предположительно косвенно показывает наличие устойчивости и к *ВЗКМО* [6, 7]. В предварительном опыте результат оценки работы маркера показал эффективность 94%.

Цель работы:

- проверить эффективность использования генетического маркера *F295* для определения устойчивости материала к *ВЗКМО*.

Для достижения цели были поставлены задачи:

1. Оценить визуально степень поражения *ВЗКМО* родительских линий огурца на искусственном инфекционном фоне.

2. Определить наличие генов устойчивости у линейного материала, используя маркер *F295* по итогам ПЦР-анализа.

3. Проанализировать взаимосвязь между результатами ПЦР-анализа по маркеру *F295* и объективной визуальной оценкой устойчивости к *ВЗКМО*.

Материалы и методы

В 2021-2022 годах на базе ООО «НИИСОК» в г. Крымске было заложено три опыта для определения наличия генетической устойчивости к *ВЗКМО* у изучаемых образцов огурца. В каждом опыте оценили устойчивость методом искусственного заражения *ВЗКМО* и путем проведения ПЦР-анализа, используя генетический маркер *F295*. Опыт был повторен трижды в разных условиях для того чтобы исключить влияние факторов внешней среды, и чётче выявить генетическую компоненту устойчивости.

В каждом опыте образцы высевали в двух повторностях по 4 растения в каждой. Три растения в повторности заражали, а четвертое оставляли в качестве контроля, не обработанным. Степень поражения визуально оценивали независимо друг от друга три сотрудника лаборатории селекции тыквенных культур, заранее обговорив шкалу оценки, которую определили исходя из имеющихся литературных источников.

Принятые единые международные шкалы, для учетов степени поражения и устойчивости к болезням, позволяющие не только оценивать образцы, но и максимально унифицировать результаты оценки предусматривают интервалы от 1 до 9 баллов, где 1 – самое слабое проявление признака, а 9 – максимальное [7].

По методике ВНИИССОК изложенной в методических указаниях «Оценка и отбор огурца на устойчивость к вирусу зеленой крапчатой мозаики» (1990) описывается методика при визуальной оценке, в два этапа.

На первом этапе оценивают растительный материал через 15-20 дней после инокуляции и позволяет отбраковать очень восприимчивые образцы, так как на относительно устойчивых растениях признаки поражения проявляются позднее. И оценку проводят по 4-балльной шкале:

1 – отсутствие у растений визуальных симптомов болезни. Необходима проверка на скрытое вирусонительство;

2 – слабая мозаичная расцветка верхушечных листьев, задержка роста визуально незаметна;

3 – мозаика листьев среднего яруса, слабая гофрированность листьев, незначительная задержка роста;

4 – резко выраженная мозаика, сильная гофрированность и деформация листьев, поражена точка роста.

На втором этапе визуальную оценку проводят в

конце вегетации с учетом применения диагностических методов по 3-балльной шкале:

- устойчивые, визуальных симптомов нет;

- относительно устойчивые, визуальных симптомов мозаики нет или слабые симптомы в конце вегетации;

- восприимчивые, четкие симптомы мозаики, возможны деформация и измельчение плодов и листьев [9].

Данную методику мы использовали как основу при оценке материала. Но для ускорения селекционного процесса нам необходимо было разработать свой экспресс метод, который в сжатые сроки и на большом количестве образцов (то есть при максимальном сокращении растений в каждой делянке), позволит отбраковать сильно восприимчивый к *ВЗКМО* материал, до высадки растений в теплицы. Сроки выращивания оцениваемого материала были сокращены от всходов до появления первых симптомов вируса, также был уменьшен и объём оцениваемого материала на каждой делянке до четырех растений.

Полученные данные обрабатывали в программе Excel.

Посев первого опыта был проведен 25.06.21, второго – 30.11.21 и третьего – 15.11.22 гг. В каждом опыте было изучено 46 образцов, 2 стандарта: устойчивый гибрид к *ВЗКМО* (по данным каталога фирмы RZ) F₁ Бьерн и не устойчивая родительская линия (по многолетним данным одна из первых поражается *ВЗКМО*) Гретта и 44 изучаемых родительских линий.

Семена высевали в кассеты для рассады с торфяным грунтом. Для искусственного заражения был выбран метод механической инокуляции соком пораженных растений. Данный способ является очень простым и действенным, что не раз подтверждалось в процессе работы. Собранные листья с четко проявленными признаками *ВЗКМО* растёрли в фарфоровой ступке с добавлением 0,03М фосфатного буфера [10]. Полученную суспензию использовали сразу после приготовления. В ходе отработки методики было выявлено, что длительное (более 6 месяцев) замораживание листьев или готового инокулята приводит к снижению его эффективности. Заражение проводили путем втирания суспензии вирусных частиц в семядоли на 3-й день после всходов [11]. Всего на 1 растение использовали в среднем 0,3 мл суспензии. В оптимальных условиях появление явных признаков поражения *ВЗКМО* приходилось на фазу 3-4 листьев. Появление признаков *ВЗКМО* зависит от скорости роста и развития растений. Оптимальная температура окружающей среды для заражения – 26...28°C ночью и 30...35°C днем, в данных условиях первые симптомы проявлялись на 11 день после инокуляции [12].

Результаты

Четырехбалльную шкалу оценки устойчивости к *ВЗКМО* из [9] преобразовали следующим образом:

0 – отсутствие симптомов, обработанные растения равны контролю;

1 – балл, отсутствуют симптомы, но растения угнетены по сравнению с контролем;

2 – балла, явное поражение вирусом, то есть на самом молодом листе появляются симптомы *ВЗКМО* (рисунок 2)



Рис. 2. Явное поражение вирусом, (оценивалось 2 баллами)
Fig. 2. Explicit virus infection, (assessed as 2 points)



Рис. 3. Сильное поражение вирусом, (оценивалось 3 баллами)
Fig. 3. Severe virus infection, (estimated 3 points)

3 – балла, сильное поражение, на двух и более листьях проявились признаки ВЗКМО (рисунок 3)

В ходе дальнейшей статистической обработки данных, когда высчитывали средний балл для каждого образца, оказалось, что разница в баллах между 0 и 1 и между 2 и 3, существенно отличается друг от друга. Разница в первом случае (между 0 и 1) более значима, чем во втором (между 2 и 3). Для нас было важнее выделить не пораженные образцы, так как и средне и сильно пораженные являются восприимчивыми и в дальнейшем исключаются из работы. В связи с этим балл 3 исключили из методики проведения опыта. Это позволило получить более объективные значения средних, при вычислении по каждому генотипу.

Проведение трех опытов в разных условиях позволило получить в результате объективные данные по степени генетической устойчивости изучаемых образцов. Во всех трех опытах у восприимчивого к ВЗКМО стандарта поражались в каждой повторности все обработанные растения и были оценены 2 баллами, с явными признаками ВЗКМО. Стандарт с заявленной устойчивостью показал отличный результат и только в одном опыте одно растение из 18 оценили 1 баллом, остальные 0. Оценка остальных родительских линий в различных вариантах опыта в целом совпадала, варьировали только баллы в степени толерантности.

По результатам визуальной оценки во всех опытах рассчитали средний балл поражения для каждой роди-

Таблица 1. Сводная таблица визуальной оценки по трёхбалльной шкале поражения растений огурца ВЗКМО на искусственном фоне
Table 1. Summary table of visual assessment on a three-point scale of damage to cucumber plants CGMMV against an artificial background

№	1 оценивающий					2 оценивающий					3 оценивающий													
	Номера растений				№	Номера растений				№	Номера растений				№	Номера растений								
	1	2	3	4 (КОНТ.)		1	2	3	4 (КОНТ.)		1	2	3	4 (КОНТ.)		1	2	3	4 (КОНТ.)					
1	2	1	2	0	47	1	1	2	0	1	1	1	2	0	47	1	2	2	0	47	1	1	2	0
2	0	0	0	0	48	0	0	0	0	2	0	0	0	0	48	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	2	2	1	0	49	2	2	2	0	3	2	2	2	0	49	2	1	2	0	3	2	2	1	0
4	0	1	0	0	50	1	1	0	0	4	1	2	0	0	50	1	1	0	0	4	1	2	0	0
5	0	0	0	0	51	1	0	0	0	5	0	0	0	0	51	1	0	0	0	5	0	0	0	0
6	2	2	2	0	52	2	1	0	0	6	2	2	2	0	52	2	2	0	0	6	2	2	2	0
7	0	0	0	0	53	0	0	0	0	7	0	0	0	0	53	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	0	2	0	0	54	0	0	0	0	8	0	1	0	0	54	0	0	0	0	8	0	2	1	0
9	0	2	2	0	55	1	2	0	0	9	0	2	2	0	55	2	2	0	0	9	1	2	2	0
10	2	0	0	0	56	0	0	0	0	10	1	0	0	0	56	0	0	1	0	10	2	0	0	0
11	1	1	1	0	57	1	0	0	0	11	2	0	0	0	57	1	0	0	0	11	2	0	0	0
12	1	0	0	0	58	2	2	1	0	12	1	0	0	0	58	2	2	2	0	12	1	1	0	0
13	1	0	0	0	59	0	0	0	0	13	0	0	0	0	59	0	0	0	0	13	1	0	0	0

*- в статье представлен фрагмент таблицы

тельской линии. В 99% случаев на четвертом контрольном – не обработанном растении признаков поражения не было выявлено, т.е. инфекция привносилась не семенами, а при искусственном заражении.

По данным трех опытов рассчитали ранговые коэффициенты корреляции Спирмена для средних значений. В таблице 2 представлены данные первых двух опытов. Далее провели такие же расчеты для второго и третьего опыта. Под номерами 1 и 46 контроли, которые стабильно показали устойчивость и восприимчивость соответственно.

$$r_{1-2} = 1 - 6 \times \frac{\sum(d^2)}{N \times (N^2 - 1)} = (1 - (6 \times 3130) / (46 \times (1936 - 1))) = 0,81$$

где: d – разность между рангами, N – количество пар сравнения.

Коэффициент корреляции между первым и вторым и между первым и третьим опытами составил 0,81 и 0,70 соответственно, зависимость сильная, а между вторым и третьим – 0,67 зависимость умеренная.

Это показывает, что связь между генотипами и степенью их поражения была высокая, что указывает на объективность оценки и достоверность полученных данных.

Далее рассчитали средний балл для каждой родительской линии по данным трех опытов. Исходя из них все изучаемые образцы разделили на 4 группы.

К первой группе отнесли устойчивые образцы, не поразившиеся ВЗКМО во всех трех опытах (7 образцов, включая контроль). Во вторую группу определили образцы, которые способны сдерживать развитие вируса толерантные «+» – набравшие средний балл от 0,06 до 0,59, явного поражения не было выявлено, но наблюдали на одном или двух растениях в делянке

Таблица 2. Данные первого и второго опыта для расчета коэффициента ранговой корреляции
Table 2. Data from the first and second experiments for calculating the rank correlation coefficient

№	Средние значения		Ранги		d=R1-R2	d ²
	Опыт 1	Опыт 2	R1	R2		
1	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
2	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
3	0,00	0,06	8	14	-6	36
4	0,22	0,06	18	14	4	16
5	0,00	0,11	8	16,5	-8,5	72,25
6	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
7	0,00	0,28	8	18,5	-10,5	110,25
8	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
9	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
10	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
11	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
12	0,00	0,33	8	20,5	-12,5	156,25
13	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
14	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
15	0,11	0,00	16	6,5	9,5	90,25
16	0,56	1,44	25,5	45	-19,5	380,25
17	0,33	0,72	19	32	-13	169
18	0,83	0,06	34	14	20	400
19	0,56	0,28	25,5	18,5	7	49
20	0,78	0,33	31	20,5	10,5	110,25
21	0,83	0,50	34	24,5	9,5	90,25
22	1,00	0,50	40,5	24,5	16	256
23	0,56	0,83	25,5	36	-10,5	110,25
24	0,50	0,39	22,5	22	0,5	0,25
25	0,67	1,11	28,5	40,5	-12	144
26	0,78	0,89	31	37	-6	36
27	0,89	1,00	37	39	-2	4
28	0,39	0,67	20	28,5	-8,5	72,25
29	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
30	0,17	0,11	17	16,5	0,5	0,25
31	1,33	0,78	44	35	9	81
32	1,44	1,22	45	42,5	2,5	6,25
33	0,44	0,44	21	23	-2	4
34	1,00	0,56	40,5	26,5	14	196
35	0,89	0,67	37	28,5	8,5	72,25
36	0,50	0,72	22,5	32	-9,5	90,25
37	0,94	0,72	39	32	7	49
38	0,00	0,00	8	6,5	1,5	2,25
39	0,78	0,56	31	26,5	4,5	20,25
40	1,11	0,94	43	38	5	25
41	0,83	0,72	34	32	2	4
42	0,56	0,72	25,5	32	-6,5	42,25
43	0,89	1,11	37	40,5	-3,5	12,25
44	1,06	1,33	42	44	-2	4
45	0,67	1,22	28,5	42,5	-14	196
46	1,56	1,68	46	46	0	0

Таблица 3. Результаты визуальной оценки родительских линий огурца, искусственно зараженных ВЗКМО*
Table 3. Results of visual assessment of parental lines of cucumber artificially infected with CGMMV*

№	Среднее значение результатов оценки заражения в каждом опыте, балл			Среднее значение всех результатов, балл	Результаты визуальной оценки при искусственном заражении
	1 опыт, посев 25.06.21	2 опыт, посев 30.11.21	3 опыт, посев 15.11.22		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	устойчивые
2	0,00	0,00	0,00	0,00	устойчивые
3	0,33	0,00	0,33	0,20	толерантные+
4	0,67	0,33	0,67	0,60	толерантные+
5	0,33	0,33	0,67	0,40	толерантные+
6	1,67	0,67	1,67	1,30	толерантные-
7	1,00	1,33	1,33	1,20	толерантные-
8	1,67	0,67	1,67	1,30	толерантные-
10	1,33	0,33	1,00	0,90	толерантные-
15	2,00	1,80	1,80	1,90	восприимчивые
16	1,67	1,80	1,80	1,80	восприимчивые
19	2,00	1,80	2,00	1,90	восприимчивые

*- в статье представлен фрагмент таблицы

угнетение по сравнению с контролем (18 образцов); в третью группу определили образцы толерантные «-», у которых в одной делянке на одном растении было явное поражение вирусом ВЗКМО (16 образцов). И в четвертую группу определили восприимчивые образцы, у которых было поражено 2 и более растений (5 образцов) (табл. 3).

У всех изученных линий были отобраны пробы и проведен ПЦР-анализ с целью определить наличие гена устойчивости, связанного с маркером F295 (табл. 4). По итогам ПЦР-анализа из 46 изученных образцов получили: 17 образцов с аллелями RR и 29 – с аллелями SS.

Сопоставив результаты, рассчитали эффективность работы маркера, определив соотношение устойчивых и не устойчивых образцов, точно совпавших с геном R и S к общему количеству образцов:

$$((3+10+13+4) / (7+18+16+5)) * 100=65\%$$

Эффективность применения маркера F295 для определения устойчивости к ВЗКМО, в данной выборке генотипов, достоверная, но не высокая: всего 65%, тогда как в одном из предварительных испытаний его эффективность составляла 94%. Очевидно, что его эффективность зависит от набора испытываемых генотипов.

Мы считаем, что если целевой ген устойчивости к ВЗКМО и маркерный ген устойчивости к CVYV, выявляемый маркером F295, находятся на одной хромосоме и в достаточной степени сцеплены друг с другом, то имеет значение взаимное расположение аллелей у их донора устойчивости: «цис»- или «транс»-положение. Если присутствует наличие «цис»-положения

Таблица 4. Данные ПЦР-анализа маркера F295 и результаты визуальной оценки устойчивости образцов к ВЗКМО на искусственно созданном фоне
Table 4. Data of PCR analysis of the F295 marker and the results of a visual assessment of the resistance of samples to CGMMV against an artificially created background

№	Название	RR	SS	Всего
1	Устойчивые	3	4	7
2	Толерантные «+»	10	8	18
3	Толерантные «-»	3	13	16
4	Не устойчивые	1	4	5
Всего		17	29	46
% от общего		36,4	63,6	100

(аллели R-R; S-S), то дальнейшая работа с этим материалом возможна, покуда сохраняется сцепление. Иначе, дальнейшую селекционную перспективу с использованием маркера *F295* (маркер ассоциированная селекция – MAC) имеют только 13 образцов (табл. 4), а именно те, что: «Устойчивые и толерантные «+» с RR».

Поэтому для более объективной оценки необходимо создание другого – основного маркера, который будет определять прямое наличие устойчивости именно к вирусу зеленой крапчатой мозаики огурца.

Маркер *F295* актуально использовать в сочетании с отбором устойчивых образцов на искусственно созданном фоне во втором поколении гибридов (F_2) на стадии изучения селекционных образцов. Отбирать устойчивые образцы с взаимным расположением аллелей RR в «цис»-положении, и в дальнейшем в следующих поколениях отслеживать устойчивость к ВЗКМО, проводя ПЦР-анализ. Это позволит сократить время и увеличить скорость селекционного процесса.

Выводы

При визуальной оценке степени поражения растений родительских линий огурца ВЗКМО на искусственно созданном инфекционном фоне средние данные по

трем опытам показали среди 46 изученных образцов 7 устойчивых, 18 толерантных «+», 16 толерантных «-» и 5 восприимчивых.

При определении наличия генов устойчивости, используя маркер *F295* у родительских линий по итогам ПЦР-анализа, получили из 46 изученных образцов: 17 – с аллелями RR и 29 – с аллелями SS.

Рассчитали эффективность применения маркера *F295* для определения устойчивости к ВЗКМО, проанализировав взаимосвязь между результатами ПЦР-анализа и объективной оценкой. При данной выборке генотипов эффективность составила 65%.

Поэтому для более объективной оценки необходимо создание другого – основного маркера, который будет определять прямое наличие устойчивости именно к вирусу зеленой крапчатой мозаики огурца.

Маркер *F295* актуально использовать в сочетании с отбором устойчивых образцов на искусственно созданном фоне, на стадии изучения селекционных образцов во втором поколении (F_2). Отбирать устойчивые образцы с взаимным расположением аллелей в «цис»-положении. И в дальнейшем в следующих поколениях отслеживать устойчивость к ВЗКМО, проводя ПЦР-анализ, что позволит сократить время и увеличить скорость селекционного процесса.

Об авторе:

Дарья Дмитриевна Теплякова – научный сотрудник, селекционер, адрес для переписки, ira.kalinovskaya@mail.ru

About the Author:

IDaria D. Teplyakova – Researcher, Breeder, Correspondence, ira.kalinovskaya@mail.ru

• Литература

1. Блоцкая Ж.В., Вабищевич В.В., Домаш В.И., Азизбекян С.Г., Завадская М.И., Хрипач В.А. Ингибирование вируса зеленой крапчатой мозаики огурца путем обработки семян фиторосторегуляторами. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2010;54(4):97-100. EDN ZWLFFL.
2. Ахатов А.К. Мир огурца глазами фитопатолога. М.: Тов-во науч. Изданий «КМК», 2020. 132-135 с.
3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: 2008. 605-611 с.
4. Ахатов А.К., Ахатов Е.А. Наиболее вредоносные болезни овощных культур в современных тепличных комбинатах. *Гавриш*. 2014;(3):16-23.
5. Liua H.W., Luo L.X., Lia J.Q., Liua P.F., Chenb X.Y., Haoc J.J. Pollen and seed transmission of Cucumber green mottle mosaic virus in cucumber. *Scientia Agricultura Sinica*. 2011;(44):1527–32. DOI: 10.1111/ppa.12065
6. Йоханнес Мария (NL) ДЕ РЕЙТЕР Ваутер, Питер Йоханнес (NL). Растения огурца, устойчивые к заболеваниям. Номер патента: RU2418405C2
7. Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. Москва 2007. 542 с.
8. Келдыш М.А., Червякова О.Н., Помазков Ю.И. Новые вирусы овощных культур, *Защита и карантин растений*. 2016;(11):29-31.
9. Юрина О.В., Настенко Н.В., Черемушкина Н.П., Можяева К.А. Методические указания: «Оценка и отбор огурца на устойчивость к вирусу зеленой крапчатой мозаики». Москва, ВО «Агропромиздат», 1990. 17 с.
10. Григоровская П.И. Установление инфекционности заболевания. URL: https://www.pesticidy.ru/dictionary/Establishing_the_infectivity_of_the_disease. (Дата обращения 10.12.2022).
11. Рябинина В., Блашко Н., Плотников К., Пашковский С., ВЗКМО: накопление и распределение вируса в растениях огурца. *Perfect Agriculture*. 2023;(1): 20-23.
12. Гринько Н.Н., Зеленая крапчатая мозаика огурцов в защищенном грунте. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005;(1):53-55. EDN HRYANN.

• References

1. Blotskaya Zh. V., Vabishchevich V.V., Domash V.I., Azizbekian S.G., Zavadskaya M.I., Khripach V.A. Inhibition of cucumber green mottle mosaics virus by the treatment of seeds with plant growth regulators. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2010;54(4):97-100. EDN ZWLFFL. (In Russ.)
2. Akhatov A.K. The world of cucumber through the eyes of a phytopathologist. M.: Tov-in scientific. Publications "KMK", 2020. 132-135 p. (In Russ.)
3. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: 2008. 605-611 p. (In Russ.)
4. Akhatov A.K., Akhatov E.A. The most harmful diseases of vegetable crops in modern greenhouses. *Gavrish*. 2014;(3):16-23. (In Russ.)
5. Liua H.W., Luo L.X., Lia J.Q., Liua P.F., Chenb X.Y., Haoc J.J. Pollen and seed transmission of Cucumber green mottle mosaic virus in cucumber. *Scientia Agricultura Sinica*. 2011;(44):1527–32. DOI: 10.1111/ppa.12065
6. Johannes Maria (NL) DE REUTER Wouter, Peter Johannes (NL). Disease resistant cucumber plants. Patent number: RU2418405C2
7. Pivovarov V.F. Selection and seed production of vegetable crops. Moscow 2007. 542 p. (In Russ.)
8. Keldysh M.A., Chervyakova O.N., Pomazkov Yu.I. New viruses of vegetable crops, *Protection and quarantine of plants*. 2016;(11):29-31. (In Russ.)
9. Yurina O.V., Nastenka N.V., Chermushkina N.P., Mozhaeva K.A. Guidelines: "Evaluation and selection of cucumber for resistance to green mottled mosaic virus." Moscow, VO "Agropromizdat", 1990. 17 p. (In Russ.)
10. Grigorovskaya P.I. Establishing the infectivity of a disease. URL: https://www.pesticidy.ru/dictionary/Establishing_the_infectivity_of_the_disease. (Accessed 10.12.2022).
11. Ryabinina V., Blazhko N., Plotnikov K., Pashkovsky S. VZKMO: accumulation and distribution of the virus in cucumber plants. *Perfect agriculture*. 2023;(1):20-23. (In Russ.)
12. Grinko N.N., Green mottled mosaic of cucumbers in protected soil. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005;(1):53-55. EDN HRYANN. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-82-90>
УДК 635.652.2:631.531.027.2:631.86

С.В. Жаркова*, А.С. Филиппова

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.

Для цитирования: Жаркова С.В., Филиппова А.С. Влияние предпосевной обработки биологическими препаратами семян фасоли обыкновенной на их посевные качества. *Овощи России*. 2023;(2):82-90.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-82-90>

Поступила в редакцию: 22.02.2023
Принята к печати: 10.03.2023
Опубликована: 03.04.2023

Stalina V. Zharkova*, Anastasia S. Filippova

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.

For citations: Zharkova S.V., Filippova A.S. The effect of pre-sowing treatment biological preparations of common bean seeds for their sowing qualities. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):82-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-82-90>

Received: 22.02.2023
Accepted for publication: 10.03.2023
Published: 03.04.2023

Влияние предпосевной обработки биологическими препаратами семян фасоли обыкновенной на их посевные качества



Резюме

Актуальность. Использование в агротехнологиях сельскохозяйственных культур биологических препаратов способствует сохранению агрофитоценоза, снижает загрязнение окружающей среды и оказывает положительное влияние на рост и развитие самих растений. В связи с этим определение эффективности использования биопрепаратов при предпосевной обработке семян фасоли обыкновенной актуально и своевременно.

Материалы и методы. Изучали влияние предпосевной обработки семян фасоли обыкновенной биопрепаратами: Полидон Био Профи, Полидон Амино Микс, Полидон Аминомикс, Альфастим на энергию прорастания, всхожесть, величину проростка семян, числа корней и длину корневой системы. В качестве объектов исследования были взяты три сорта: Физкультурница, Омичка, Сиреневая.

Результаты. Выявлено различное влияние препаратов на скорость прорастания семян. Период прорастания в вариантах 1-4 был более продолжительным, чем в контроле по всем сортам, т.е. препараты замедляли прорастание. На обработку препаратом Альфастим (вариант 5) семена испытываемых сортов откликнулись положительно: период прорастания у Физкультурницы и Сиреневой сократился на 8,5 и 9,8%, у сорта Омичка – на 45%, в сравнении с контролем. Среди испытываемых сортов необходимо выделить сорт Сиреневая, у которого самые высокие показатели энергии прорастания (ЭП) – от 90% до 100% и всхожести семян (ВС) – 98-100% во всех вариантах обработки. Наиболее эффективная обработка сорта Омичка была в варианте 2 (ЭП – 90%, всхожесть – 90%), значения превышали контроль на 5%. По всем вариантам энергия прорастания у сорта Физкультурница составила от 72 до 90%, всхожесть – от 73 до 93%. Установлено положительное влияние препаратов на всхожесть семян данного сорта. Отмечено поражение семян фасоли плесневыми грибами. Степень поражения семян от слабой до средней. Поражение семян плесневыми грибами в вариантах с использованием Полидон Био Профи отсутствовало, либо было слабым – до 3,3% по всем испытываемым сортам. Проростков и их корневая система всех сортов более эффективно развивались в вариантах с использованием препаратов Полидон Био Профи и Альфастим и их смеси.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, биопрепараты, обработка, семена, всхожесть, энергия прорастания, проросток, корневая система, стабильность

The effect of pre-sowing treatment biological preparations of common bean seeds for their sowing qualities

Abstract

Relevance. The use of biological preparations in agricultural technology of agricultural crops contributes to the preservation of agrophytocenosis, reduces environmental pollution and has a positive effect on the growth and development of the plants themselves. In this regard, the determination of the effectiveness of the use of biological products in the presowing treatment of common bean seeds is relevant and timely.

Materials and methods. In our study, we studied the effect of presowing treatment of common bean seeds with biological products: Polydon Bio Profi, Polydon Amino Mix, Polydon Aminomix, Alfastim on germination energy, germination, seed sprout size, number of roots and length of the root system. Three varieties were taken as objects of study: Athlete, Omichka, Sirenevaya.

Results. A different effect of preparations on the time of seed germination was revealed. The average germination time in options 1-4 was higher than the control values for all varieties, i.e. drugs slowed down germination. The seeds of the tested varieties responded positively to treatment with Alfastim (option 5): the average germination time in Fizkulturnitsa and Sirenevaya decreased by 8.5 and 9.8%, in the Omichka variety by 45%, compared with the control. Among the tested varieties, it is necessary to single out the Sirenevaya variety, which has the highest germination energy (ES) from 90% to 100% and seed germination (VS) from 98-100% in all treatment options. The most effective treatment of the Omichka variety was in option 2 (EP-90%, germination rate 90%), the values exceeded the control by 5%. For all options, the germination energy of the Fizkulturnitsa variety ranged from 72 to 90%, germination from 73 to 93%. A positive effect of drugs on the germination of seeds of this variety was established. The defeat of bean seeds by mold fungi was noted. Seed damage is mild to moderate. Seed damage by mold fungi in the variants using Polydon Bio Profi was absent, or it was weak up to 3.3% for all tested varieties. Morphobiometric indicators of seedlings and their root system in all varieties developed more effectively on variants with the use of Polydon Bio Profi and Alfastim preparations, and their mixtures.

Keywords: common bean, biological preparations, processing, seeds, germination, germination energy, seedling, root system, stability

Введение

Фасоль – одна из наиболее распространенных зернобобовых культур, которую человек с давних времён выращивает и использует в пищу. Фасоль была введена в культуру почти 6000 лет до н.э. В Перу, около 5000 лет до н.э. её возделывали в Мексике [1, 2]. Постепенно она распространилась в Португалии и Испании. В настоящее время это важная продовольственная культура во многих странах мира, достаточно широко распространена в странах с теплыми климатическими условиями – в некоторых регионах Европы, странах Африканского континента, Америки и Азии [3, 4]. Для фасоли обыкновенной наиболее приемлема среда умеренного и субтропического климата, более благоприятны условия для роста культуры с годовым количеством осадков от 300 мм до 430 мм и температурными условиями 15...23°C [1, 2].

Согласно отчету ФАО, Китай является ведущим производителем свежих бобов (виды родов *Phaseolus* и *Vigna*) – в 2017 году было произведено 19 млн т, что составляет более 80% от общего объема производства в мире. Индия является третьим в мире производителем фасоли обыкновенной [5]. По посевным площадям фасоль занимает среди зерновых бобовых культур второе место в мире после сои. В 2019-2020 годах площадь фасоли обыкновенной в мире достигала 33,06 млн га, а валовой сбор составил 28,90 млн т [7, 8].

Фасоль обыкновенная относится к полиморфным видам. Это прямостоячее, кустистое однолетнее растение, достигающее в зависимости от вида или сорта от 20 до 300 см в высоту. Из-за высокого содержания белка, сложных углеводов, многих витаминов, полиненасыщенных жиров культура полезна для человека и для кормления животных. Кроме того, бобы фасоли содержат фитохимические вещества, полезные для здоровья человека [6, 7, 8].

От посевных качеств семян зависит в первую очередь то, насколько быстро будут расти и развиваться растения

в течение вегетационного периода. Улучшает качества посевного материала предпосевная обработка семян биопрепаратами [9, 10]. Такая обработка способствует повышению стрессоустойчивости растений, активирует рост растения и важные метаболические реакции, стимулирует корневую систему, повышает проницаемость клеточных стенок корней и др. Использование семян, отвечающих стандарту с дополнительной предпосевной обработкой биопрепаратами, позволяет получать максимально высокие урожаи [13, 14, 15].

Цель работы – изучить влияние биопрепаратов «Полидон Био Профи», «Полидон Амино Микс», «Альфасти́м» и их сочетаний на посевные качества семян отечественных сортов фасоли обыкновенной.

Условия, материалы и методы исследования

Опыт был проведен в ноябре – декабре 2022 года в лаборатории кафедры общего земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ.

Объектом исследований являлись семена сортов фасоли обыкновенной: Физкультурница, Омичка и Сиреневая. Выбранные сорта относятся к одной группе спелости – среднеспелые.

Закладка опыта, наблюдения и учёты осуществляли по ГОСТ 12038-84 [17]. Был использован метод проращивания между слоями фильтровальной бумаги. В каждом варианте было отобрано четыре пробы семян испытуемых сортов фасоли – по 50 семян в каждой. Семена проращивали при постоянной температуре 20°C до четвертых суток в стерилизованных чашках Петри, после продолжали проращивание в растительных. В опыте использовали термостат суховоздушный (Одесса) «ТС-80М-2» с диапазоном температур от 20°C до 40°C.

Семена обрабатывали жидким органоминеральным удобрением, комплексным удобрением с аминокислотами и стимулятором роста растений с соблюдением инструкций, указанных производителем (рис. 1).



Рис. 1. Готовые к применению растворы препаратов ООО «ПОЛИДОН Агро» для обработки семян фасоли обыкновенной
Fig. 1. Ready-to-use solutions of preparations of POLYDON Agro for the treatment of common bean seeds

В ходе эксперимента использовали три препарата фирмы ООО «ПОЛИДОН Агро».

Полидон Био Профи – жидкое органоминеральное удобрение. Многокомпонентный органоминеральный комплекс новейшего поколения, стимулятор роста и развития растений, антидот, антистрессовый агент, иммуномодулятор, почвенный активатор. Действующими веществами препарата являются гуминовые и фульвовые кислоты, ростовые вещества природного происхождения (ауксины, цитокинины, брассинолиды), микроэлементы, аминокислоты и полисахариды. При предпосевной обработке семян зерновых, зернобобовых, масличных дозировка 1 л на 10 л рабочего раствора/1 тонну семян (совместить обработку с протравителями, пестицидами) [10].

Полидон Амино Микс – аминок-комплекс. Состав с высоким содержанием аминокислот и низкомолекулярных пептидов в комплексе с микроэлементами. Действующие вещества: гидролизат растительных и животных белков (содержание свободных аминокислот 8-10%), бетаины, полисахариды, композиция биополимеров и мембраноактивных компонентов. При предпосевной обработке семян зерновых, зернобобовых, масличных дозировка 0,15-0,30 л на 10 л рабочего раствора /1 т семян (совместить обработку с протравителями, пестицидами) [11].

Альфастим – стимулятор роста растений, высокоэффективный, малообъемный. Активирует наиболее важные метаболические реакции, регулирует усвоение и использование питательных элементов, стимулирует выделения корневой системы и повышает проницаемость клеточных стенок корней. Обладает иммуностимулирующим действием. Обладает свойствами антиокислителя и адаптогена. Дозировка при предпосевной обработке семян зерновых, зернобобовых, масличных – 30-50 мл на 10 л рабочего раствора/1 т семян (совместить обработку с протравителями, пестицидами. Использовать промышленные протравочные агрегаты) [12].

Варианты опыта:

Контроль – дистиллированная вода;

1. препарат Полидон Био Профи (дозировка 1,0 л/т);
2. препарат Полидон Амино Микс (дозировка 0,30 л/т);
3. сочетание препаратов: Полидон Био Профи (1 л/т) + Альфастим (0,05 л/т);



Рис. 2. Сорт Сиреневая. Варианты на 3 сутки: К – контроль; В1-В4 – вариант 1-4.
Fig. 2. Variety Sirenevaya. Experienced options for 3 days: K – control; B1-B4 – Option 1-4.

4. сочетание: Полидон Аминомикс (1 л/т) + Альфастим (0,05 л/т);

5. препарат Альфастим (0,05 л/т).

Энергию прорастания у семян фасоли обыкновенной определяли на 4 сутки, всхожесть – на 7-е сутки.

Результаты и их обсуждение

Через несколько часов после обработки препаратами на оболочке пестрых семян у сортов: Физкультурница и Сиреневая появились характерные пятна темно-коричневого цвета в вариантах 1 и 3 и черного цвета – в вариантах 2 и 4. В дальнейшем пятна стали менее интенсивного окраса, не повлияли на процесс прорастания семян и на цвет семядолей, оставшись только на оболочке семени (рис. 2). Белая оболочка семян сорта Омичка ни в одном из вариантов не изменила окраску. В варианте 5 на семенах всех сортов изменений в цвете оболочки не наблюдали.

В ходе проращивания семян фасоли важно было установить влияние препаратов на скорость прорастания (табл. 1).

Таблица 1. Время прорастания семян Table 1. Germination time of common bean seeds, hours
Table 1. Germination time of common bean seeds, hours

Сорт	Физкультурница			Омичка			Сиреневая		
	Время прорастания семян, ч			Время прорастания семян, ч			Время прорастания семян, ч		
Вариант	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее
Контроль	30	96	47	30	46	40	30	54	41
В1	42	96	58	38	46	42	42	54	49
В2	46	68	59	42	68	49	46	68	53
В3	46	96	65	42	54	48	42	68	51
В4	46	96	64	42	96	59	54	68	55
В5	23	68	43	20	26	22	23	50	37

Выявлено различное влияние препаратов на время прорастания семян. Период прорастания в вариантах 1-4 был выше контрольных значений у всех сортов, т.е. препараты замедляли прорастание. На обработку препаратом Альфастим (вариант 5) семена испытываемых сортов откликнулись положительно: период прорастания у Физкультурницы и Сиреневой сократилось на 8,5 и 9,8%, у сорта Омичка на 45%, в сравнении с контролем.

Начало роста проростков и рост корешка в 5-м вари-

Показатель энергии прорастания семян характеризует их способность давать ровные и дружные всходы, а, следовательно, высокую выживаемость и выровненность растений фасоли в полевых условиях, что очень важно в последующем при механизированном способе уборки данного вида растений.

Показатели энергии прорастания и всхожести семян фасоли обыкновенной в лабораторных условиях представлены в таблице 2.

Таблица 2. Энергия прорастания и всхожесть семян в лабораторных условиях,
Table 2. Germination energy and germination of common bean seeds in laboratory conditions

Показатель	Физкультурница						Омичка						Сиреневая					
	Вариант обработки						Вариант обработки						Вариант обработки					
	К	В1	В2	В3	В4	В5	К	В1	В2	В3	В4	В5	К	В1	В2	В3	В4	В5
Энергия прорастания, %	90	88	73	90	83	72	85	70	90	73	77	6,7	100	100	90	100	97	100
Всхожесть, %	90	92	78	92	93	73	85	70	90	73	78	6,7	100	100	100	100	98	100

анте с обработкой препаратом Альфастим на сорте Омичка наблюдали уже через 20 часов после начала эксперимента, у сортов Физкультурница и Сиреневая – через 23 часа.

Стоит отметить, что быстрее всего проросли семена в вариантах, где не произошло окрашивания семенной оболочки. Так, семена сорта Омичка (оболочка не меняла цвет) в большинстве вариантов проросли быстрее других сортов. В контрольном варианте и варианте 5 по всем сортам также значения либо ниже, либо соответствовали значениям вариантов 1-4.

Процент проросших семян за определенный срок называется энергией прорастания (ЭП). По ГОСТ 12038-84 энергия прорастания у семян фасоли определяется на 4 сутки, а всхожесть – на 7 сутки [17].

Среди испытываемых сортов необходимо выделить сорт Сиреневая, у которого самые высокие показатели энергии прорастания (ЭП) – от 90% до 100% и всхожести семян (ВС) – от 98-100% при всех вариантах обработки. Предпосевная обработка смесью препаратов Полидон Аминомикс (1 л/т) + Альфастим (0,05 л/т) (вариант 4) сработала как ингибитор при прорастании семян. Снижение показателя энергии прорастания и всхожести относительно контроля составило соответственно 3% и 2%. Максимальная ЭП и ВС – 100% у данного сорта отмечена в вариантах: контроль, 1 (отработка препаратом Полидон Био Профи), 3 (смесь Полидон Био Профи + Альфастим) и 5 (отработка препаратом Альфастим).



Рис.3. Энергия прорастания, сорт Омичка. Вариант 5. Повторность 1-4. 4 сутки проращивания.
Fig. 3. Low germination. Omichka. Option 5. Repetition 1-4. 4 days.

Наиболее эффективная обработка сорта Омичка была в варианте 2 (обработка препаратом Полидон Амино Микс) – ЭП-90%, всхожесть 90%, значения превышали контроль на 5%. Отрицательно на показателях посевных качеств семян сказались обработка препаратом Альфастим (0,05 л/т) (вариант 5). Из 50 семян во всех четырех повторностях проросли от 2 до 4 шт., остальные – отнесены к невсхожим (загнившие, с мягким разложившимся эндоспермом) (рис.3). Значения контроля и других вариантов подтверждают, что семена созревшие, а значит, влияние оказал фактор обработки. В варианте 3 и 4 обработка Альфастимом также была, но в комплексе с другим препаратом и всхожесть семян составила от 73 до 78%, следовательно, можно предположить, что отрицательное влияние препарата обосновано его концентрацией, рекомендованной производителем. Однако скорость прорастания у «живых» семян показала отличные результаты (в среднем 22 ч, табл. 1). Следует учитывать влияние данной дозировки препарата на семена данного сорта фасоли в дальнейшем при его возделывании.

По всем вариантам энергия прорастания у сорта Физкультурница составила от 72 до 90%, всхожесть – от 73 до 93%. Установлено положительное влияние препаратов на всхожесть семян данного сорта. В вариантах обработки 1 и 3 значения всхожести превышали контроль на 2%, в варианте 4 – на 3%.



Рис. 4. Поражение семени фасоли сорта Омичка плесневыми грибами в варианте 1
Fig. 4. Infection of the bean seed of the Omichka variety by mold fungi in variant 1 of the first repetition

При определении энергии прорастания и всхожести семян также учли поражение семян плесневыми грибами (рис.4 и табл.3).

Средний процент пораженных семян определили визуально по четырем пробам и установили степень поражения в соответствии с ГОСТ 12038-84 [17] (табл.3).

Отмечено поражение семян фасоли комплексом плесневых грибов. Степень поражения семян – от слабой до средней. У сорта Сиреневая во всех вариантах, кроме 4 (средняя степень поражения 6,7%), семена не были поражены плесенью, сорт показал устойчивость к плесневым грибам. Сорт Физкультурница менее устойчив к поражению плесневыми грибами. В вариантах 1 и 4 поражение отсутствовало, в вариантах 3 и 5 (степень поражения – слабая 3,3 и 5%), контрольный вариант и вариант 2 – средняя степень поражения (8,3 и 16,7%). Сорт Омичка поражен во всех вариантах. Слабая степень заражения (от 1,7 до 3,3%) наблюдалась в вариантах 1 и 3, в контроле и вариантах 2,4,5 – средняя степень поражения от 6,7 до 8,3%. Семена сорта слабоустойчивы к поражению плесневыми грибами.

Стоит отметить, что варианты обработки 1 и 3 содержали препарат Полидон Био Профи, который является иммуномодулятором и антидотом [10]. Замечено, что поражение семян плесневыми грибами в вариантах с его применением отсутствовало, либо было слабым до 3,3% по всем испытываемым сортам.

Внешний вид проростков по исследуемым сортам фасоли и вариантам обработки представлен на рисунке 5.

Одним из основных методов оценки посевных качеств семян является их способность к образованию проростков. Морфобиометрические показатели проростков фасоли обыкновенной в лабораторных условиях на четвертые и седьмые сутки представлены в таблице 4 и на рисунках 5-11.

На сорта Физкультурница при определении энергии прорастания на 4-е сутки проращивания лучшим по показателям был контроль – обработка дистиллированной водой. Близкими по показателям были варианты 1 и 5 с обработкой: препаратом Полидон Био Профи (дозировка 1,0 л/т) и препаратом Альфастим (0,05 л/т), соответственно (табл.4, рис.6,7).

Длина проростка на 7-е сутки увеличилась в зависимости от варианта от 0,76 см (вариант 5) до 6,35 см (контроль). На 7-е сутки отмечена в разной степени в зависи-

Таблица 3. Поражение семян фасоли обыкновенной плесневыми грибами на 7 сутки в лабораторных условиях, %
Table 3. Infection of common bean seeds with mold fungi on the 7th day in laboratory conditions, %

Показатель	Физкультурница						Омичка					Сиреневая							
	Вариант обработки						Вариант обработки					Вариант обработки							
	К	В1	В2	В3	В4	В5	К	В1	В2	В3	В4	В5	К	В1	В2	В3	В4	В5	
Семена, покрытые плесневыми грибами, %	8,3	0	16,7	3,3	0	5	6,7	3,3	8,3	1,7	8,3	8,3	0	0	0	0	6,7	0	
Степень поражения семян плесневыми грибами*	средняя	слабая	средняя	слабая	слабая	слабая	средняя	слабая	средняя	слабая	средняя	средняя	слабая	слабая	слабая	слабая	слабая	средняя	слабая

*до 5% – слабая; до 25% – средняя; более 25% – сильная.



Рис.5. Внешний вид проростков на 7 сутки в зависимости от сортов по вариантам обработки
 Fig. 5. The appearance of seedlings on the 7 day, depending on the varieties according to the treatment options

Таблица 4. Морфобиометрические показатели проростков фасоли обыкновенной в лабораторных условиях
 Table 4. Morphobiometric parameters of common bean seedlings in laboratory conditions

Сорт	Показатель*	4-е сутки проращивания			7-е сутки проращивания		
		длина проростка, см	число корней, шт.	длина корневой системы, см	длина проростка, см	число корней, шт.	длина корневой системы, см
Контроль							
Физкультурница	\bar{x}	1,33	5,98	5,70	7,68	23,37	34,72
	Cv	20,20	0,50	5,00	2,70	2,20	28,90
Омичка	\bar{x}	1,08	5,24	3,89	7,51	20,30	28,79
	Cv	12,80	48,27	55,85	46,10	5,60	24,10
Сиреневая	\bar{x}	1,22	8,60	6,15	5,96	26,20	31,13
	Cv	3,70	0,55	30,95	18,20	8,10	14,20
Вариант 1							
Физкультурница	\bar{x}	1,07	5,48	4,48	5,17	16,80	23,36
	Cv	17,90	15,40	31,50	11,80	0,80	15,2
Омичка	\bar{x}	1,11	8,98	5,37	5,60	16,90	18,85
	Cv	1,80	3,40	6,90	2,00	8,40	38,8
Сиреневая	\bar{x}	1,04	9,22	4,58	5,29	18,50	23,03
	Cv	5,90	16,70	12,00	22,7	27,50	29,9
Вариант 2							
Физкультурница	\bar{x}	0,31	1,23	2,00	4,32	6,70	7,53
	Cv	34,60	15,70	5,48	1,80	19,00	6,60
Омичка	\bar{x}	0,52	4,15	3,95	4,44	13,05	14,02
	Cv	52,20	107,3	55,05	1,30	104,60	96,50
Сиреневая	\bar{x}	0,47	4,17	2,90	4,85	13,10	19,00
	Cv	14,50	20,36	0,16	8,70	16,20	16,90
Вариант 3							
Физкультурница	\bar{x}	0,87	3,43	2,50	4,68	14,10	22,99
	Cv	20,50	5,40	10,90	6,00	10,00	6,50
Омичка	\bar{x}	0,92	6,13	3,39	6,26	19,20	27,95
	Cv	3,40	2,90	0,90	4,10	21,40	21,50
Сиреневая	\bar{x}	0,73	5,22	2,89	3,43	15,42	19,22
	Cv	1,60	4,10	2,70	44,20	2,00	5,09
Вариант 4							
Физкультурница	\bar{x}	0,43	1,97	2,70	4,86	12,50	16,74
	Cv	20,10	11,40	19,15	2,60	27,20	1,90
Омичка	\bar{x}	0,43	2,17	2,34	4,81	11,60	10,73
	Cv	19,00	33,90	11,07	17,80	52,40	54,50
Сиреневая	\bar{x}	0,42	2,79	2,45	4,70	12,45	21,63
	Cv	4,00	31,43	10,27	0,30	7,40	1,30
Вариант 5							
Физкультурница	\bar{x}	1,16	5,17	4,07	1,92	18,67	29,42
	Cv	2,20	9,60	6,85	8,90	7,80	12,00
Омичка	\bar{x}	1,28	10,33	3,75	5,97	28,67	29,75
	Cv	23,90	18,20	66,00	11,10	3,30	10,70
Сиреневая	\bar{x}	1,34	3,79	3,16	6,22	27,17	33,55
	Cv	22,60	52,63	55,10	3,80	5,60	1,30
НСР ₀₅ фактор А**	-	-	-	-	0,47	1,96	2,71
НСР ₀₅ фактор В**	-	-	-	-	0,89	2,77	3,84

* \bar{x} – среднее значение признака; Cv – коэффициент варьирования
 ** фактор А – сорт; фактор В – варианты обработки



Рис.6. Сорт Физкультурница. 7 сутки проращивания семян, слева направо: Контроль – вариант 4
 Fig. 6. Sort of Fiskulturница. 7 days of germination of seeds from left to right Control – option 4

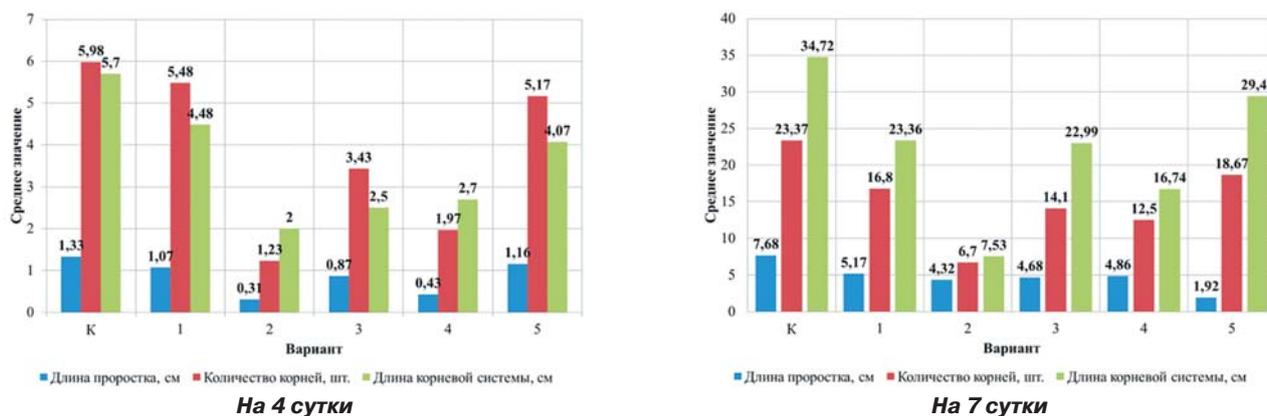


Рис. 7. Морфобиометрические показатели проростков сорта Физкультурница на 4 и 7 сутки
 Fig. 7. Morphobiometric indicators of seedlings of the variety Fiskulturница on the 4th and 7th days



Рис.8. Сорт Омичка. 7 сутки проращивания, слева направо: контроль – вариант 4
 Fig. 8. Variety Omichka. 7 days of germination of seeds from left to right Control – option 4

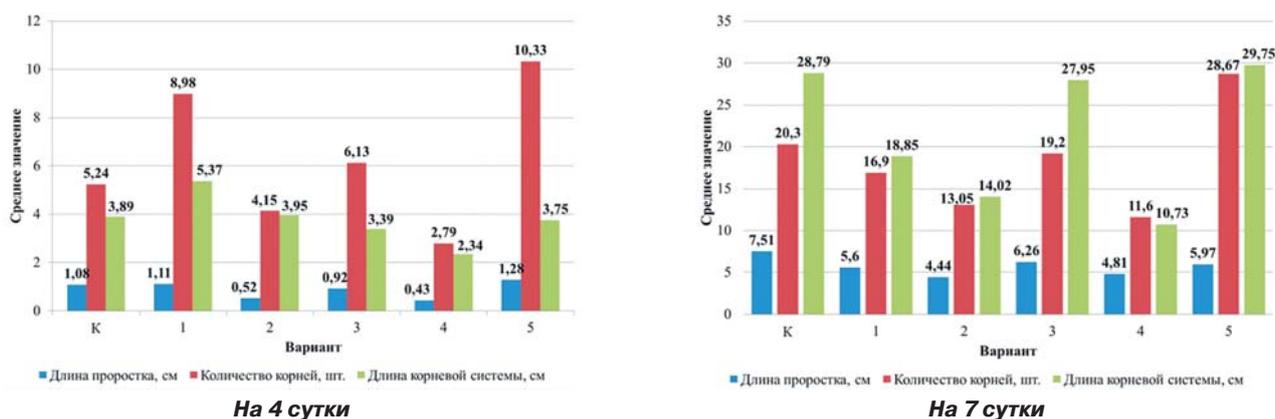


Рис. 9. Морфобиометрические показатели проростков сорта Омичка на 4 и 7 сутки
 Fig. 9. Morphobiometric indicators of seedlings of the variety Omichka on the 4th and 7th days



Рис. 10. Сорт Сиреневая. 7 сутки проращивания семян, слева направо: контроль – вариант 4
 Fig. 10. Variety Sirenevaya. 7 days of germination of seeds, from left to right Control –option 4

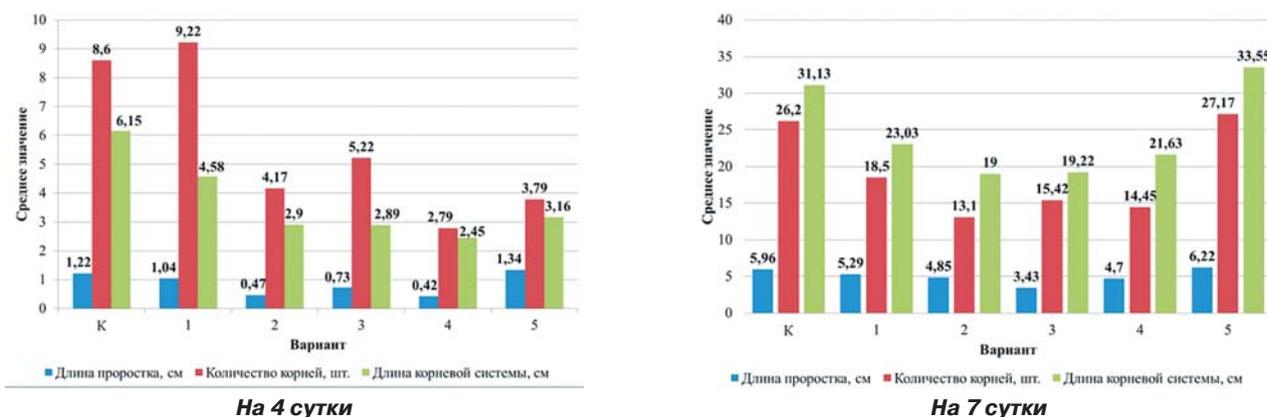


Рис. 11. Морфобиометрические показатели проростков сорта Сиреневая на 4 и 7 сутки
 Fig. 11. Morphobiometric indicators of seedlings of the Sirenevaya variety at 4 and 7

мости от варианта, интенсивность нарастания корневой системы. Максимальный показатель длины корневой системы получен в контроле – 34,72 см. Хорошее нарастание корневой системы отмечено на вариантах: 1 (обработка препаратом Полидон Био Профи) – 23,36 см; 3 (обработка смесью препаратов: Полидон Био Профи + Альфастим) – 22,99 см; 5 (обработка препаратом Альфастим) – 29,42 см.

У сорта Омичка на 4-е сутки эксперимента максимальные показатели признаков получены на варианте 5 с обработкой семян препаратом Альфастим (табл. 4, рис. 8, 9). Превышение контроля составило по длине проростка на ,02 см, по числу корней – на 5,09 см. В варианте 1 с обработкой Полидон Био Профи получены вторые по величине показатели признаков по данному сорту и максимальная длина корневой системы – 5,37 см, контроль – 3,89 см.

Обработка препаратами и их смесью семян сорта Сиреневая выявила эффективность биологического препарата Альфастим (вариант 5) (табл.4, рис.10,11). Хорошую корневую систему на 7-е сутки сформировали растения на контроле и вариантах 1 (обработка Полидон Био Профи) и 4(обработка смесью препаратов Полидон Аминомикс + Альфастим).

При расчёте коэффициента варьирования было выявлено, что стабильное формирование показателей: длина проростка, число корней, длина корневой системы отмечено у сорта Физкультурница в контроле и в варианте 5 (обработка препаратом Альфастим), у сорта Омичка – в вариантах 1 (обработка препаратом Полидон Био Профи) и 3 (смесь препаратов Полидон Био Профи +

Альфастим), у сорта Сиреневая – в варианте 3 (смесь препаратов Полидон Био Профи + Альфастим) (табл.4).

Заключение

Полученные результаты по определению влияния биологических препаратов на формирование посевных качеств семян фасоли обыкновенной показали различия по используемым препаратам и отзывчивости сортов на обработку.

Выявлено различное влияние препаратов на период и скорость прорастания семян. Период прорастания в вариантах 1-4 был выше контрольных значений по всем сортам, т.е. препараты замедляли прорастание. В варианте 5 (обработка Альфастимом) семена испытываемых сортов положительно отозвались на действие биопрепарата: семена у сортов Физкультурница и Сиреневая проросли быстрее на 8,5 и 9,8%, у сорта Омичка – на 45%, в сравнении с контролем.

Отмечено положительное влияние биопрепаратов на величину энергии прорастания (ЭП) и всхожесть семян (ВС). У сорта Сиреневая высокие значения ЭП и ВС получены на вариантах: контроль, 1 (отработка препаратом Полидон Био Профи), 3 (смесь Полидон Био Профи + Альфастим) и 5 (отработка препаратом Альфастим). Наиболее эффективная обработка сорта Омичка была в варианте 2 (отработка препаратом Полидон Амино Микс) (ЭП – 90%, всхожесть – 90%), значения превышали контроль на 5%. Положительно повлияла на семена сорта Физкультурница обработка препаратами Полидон Био Профи и смеси Полидон Био Профи + Альфастим.

Обработка препаратами снижала активность плесневых грибов во всех вариантах опыта. Стоит отметить, что варианты обработки 1 и 3 содержали препарат Полидон Био Профи, который является иммуномодулятором и антидотом [10]. Замечено, что поражение семян плесневыми грибами в вариантах с его применением отсутствовало либо было слабым – до 3,3% по всем испытываемым сортам.

Проростки и их корневая система всех сортов более эффективно развивались на вариантах с использовани-

ем препаратов Полидон Био Профи и Альфастим, и их смеси.

Таким образом, было выявлено, что использование биологических препаратов для предпосевной обработки семян фасоли обыкновенной положительно влияет на показатели энергии прорастания, всхожести, величину проростка семян, число корней и длину корневой системы. Определена отзывчивость сортов на биопрепараты, что необходимо учитывать при разработке агротехнологии каждого сорта.

Об авторах:

Сталина Владимировна Жаркова – доктор с.-х. наук, доцент, автор для переписки, stalina_zharkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>
Анастасия Сергеевна Филиппова – аспирант, asya.sergeeva@mail.ru

About the authors:

Stalina V. Zharkova – Doc. Sci. (Agriculture), Prof., Correspondence Author, stalina_zharkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>
Anastasia S. Filippova – аспирант, asya.sergeeva@mail.ru

• Литература

- Lichtenstein A.H. Soy protein, isoflavones and cardiovascular disease risk. *Nutr.* 1998;(128):1589–1592.
- Robards K., Antolovic M. Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids. *Analyst.* 1997;(122):11–34.
- Cardador-Martínez A., Castaño-Tostado, E., Loarca-Piña, G. Antimutagenic activity of natural phenolic compounds in the common bean (*Phaseolus Vulgaris*) against aflatoxin B1. *Food Addit. Contam.* 2002;(9):62–69.
- Dukariya G, Shah S, Singh G, Kumar A. Soybean and its products: Nutritional and health benefits. *J. Nutr. Sci. Health Diet.* 2020;1(2):22–29.
- ФАОСТАТ - Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Соединенных Штатов. Доступно: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
- Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б., Хуцацария Т.И. Частная селекция полевых культур. М.: КолоС, 2005. С. 253.
- Полухин А.А. Тенденции развития селекции и семеноводства в России в условиях реализации политики импортозамещения на ресурсных рынках. *Вестник аграрной науки.* 2020;4(85):118–129.
- Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений. *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2022;2(42):5–15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15.
- Шаповал О.А., Бразжникова Н.В., Веревкина Т.М., Можарова И.П. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции под редакцией В.Г. Сычева (03–07 сентября 2018 г., Анапа). ООО "Плодородие", 2018. С. 244.
- Органо-минеральные удобрения. Инструкция по применению Полидон Био Профи. Премьер-Агро; 2022 [протитировано 30 января 2023]. Доступно: <https://pr-agro.ru/catalog/polidon-bio-profi/>
- Комплексные удобрения с аминокислотами. Инструкция по применению Полидон Амино Микс. Премьер-Агро; 2022 [протитировано 30 января 2023]. Доступно: <https://pr-agro.ru/catalog/polidon-amino-miks/>
- Стимуляторы роста. Инструкция по применению Альфастим 1 л. Премьер-Агро; 2022 [протитировано 30 января 2023]. Доступно: <https://pr-agro.ru/catalog/alfastim/>
- Казыдуб Н.Г. Селекция и семеноводство фасоли в условиях южной лесостепи Западной Сибири. 2013. С. 102–113.
- Овчарук О.В. Сортовая продуктивность фасоли в зависимости от способов сева в условиях Западной Лесостепи Украины. *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2014;1(9):52–58.
- Овчарук О.В., Овчарук О.В., Окологдо Ю.В. Результаты исследований сортов фасоли обыкновенной и влияния направления проведения посева в условиях южной лесостепи Украины. *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2017;2(22):29–35.
- Воронцова Е.В., Соколова Л.В., Жаркова С.В. Влияние предпосевной обработки семян гороха биологическими препаратами на развитие проростков. *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб.ст XVII Международной научно-практической конф.:* в 2 кн.-Барнаул: Изд-во АГАУ, 2022. Кн.1. С. 207–209.
- ГОСТ 1238-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М. Стандартиформ. 2011. 29 с.
- Manylova O.V., Zharkova S.V., Sokolova L.V. Biological effectiveness of biofungicide metabacterin, wp in the protection of *Glycine hispida* Maxim., and *Pisum sativum* L. from ascochitosis and *Solanum tuberosum* L. from late blight in the conditions of the Altai Ob region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.* 2022;14(2):312–325. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-312-325

• References

- Lichtenstein A.H. Soy protein, isoflavones and cardiovascular disease risk. *Nutr.* 1998;(128):1589–1592.
- Robards K., Antolovic M. Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids. *Analyst.* 1997;(122):11–34.
- Cardador-Martínez A., Castaño-Tostado, E., Loarca-Piña, G. Antimutagenic activity of natural phenolic compounds in the common bean (*Phaseolus Vulgaris*) against aflatoxin B1. *Food Addit. Contam.* 2002;(9):62–69.
- Dukariya G, Shah S, Singh G, Kumar A. Soybean and its products: Nutritional and health benefits. *J. Nutr. Sci. Health Diet.* 2020;1(2):22–29.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United States. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Pylnev V.V., Konovalov Yu.B., Khupatsaria T.I. Private selection of field crops. M.: Kolos, 2005. S. 253. (In Russ.)
- Polukhin A.A. Trends in the development of breeding and seed production in Russia in the context of the implementation of the import substitution policy in the resource markets. *Bulletin of agrarian science.* 2020;4(85):118–129. (In Russ.)
- Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Varlamov N.V. Responsiveness of different soybean varieties to the use of organomineral microfertilizers. *Leguminous and cereal crops.* 2022;2(42):5–15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15. (In Russ.)
- Shapoval O.A., Brazhnikova N.V., Verevkin T.M., Mozharova I.P. Prospects for the use of innovative forms of fertilizers, means of protection and plant growth regulators in agricultural technologies of agricultural crops. *Materials of the reports of the participants of the 10th scientific and practical conference,* edited by V.G. Sychev (03–07 September 2018, Anapa). Fertility LLC, 2018. P. 244. (In Russ.)
- Organo-mineral fertilizers. Instructions for use Polydon Bio Profi. Premier Agro; 2022 [cited 30 Jan 2023]. Available: <https://pr-agro.ru/catalog/polidon-bio-profi/>
- Complex fertilizers with amino acids. Instructions for use Polydon Amino Mix. Premier Agro; 2022 [cited 30 Jan 2023]. Available: <https://pr-agro.ru/catalog/polidon-amino-miks/>
- Growth stimulants. Instructions for use Alfastim 1 l. Premier Agro; 2022 [cited 30 Jan 2023]. Available: <https://pr-agro.ru/catalog/alfastim/>
- Kazydub N.G. Selection and seed production of beans in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. 2013. P. 102–113. (In Russ.)
- Ovcharuk O.V. Varietal productivity of beans depending on sowing methods in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Leguminous and cereal crops.* 2014;1(9):52–58. (In Russ.)
- Ovcharuk O.V., Ovcharuk O.V., Okolodko Yu.V. The results of studies of varieties of common beans and the influence of the direction of sowing in the conditions of the forest-steppe of Ukraine. *Leguminous and cereal crops.* 2017;2(22):29–35. (In Russ.)
- Vorontsova E.V., Sokolova L.V., Zharkova S.V. Influence of pre-sowing treatment of pea seeds with biological preparations on the development of seedlings. *Agrarian science - agriculture: collection of articles of the XVII International scientific and practical conference: in 2 books - Barnaul: Publishing house of AGAU, 2022. Book 1. pp. 207–209. (In Russ.)*
- GOST 1238-84. Seeds of agricultural crops. Germination methods. M. Standartinform. 2011. 29 p. (In Russ.)
- Manylova O.V., Zharkova S.V., Sokolova L.V. Biological effectiveness of biofungicide metabacterin, wp in the protection of *Glycine hispida* Maxim., and *Pisum sativum* L. from ascochitosis and *Solanum tuberosum* L. from late blight in the conditions of the Altai Ob region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.* 2022;14(2):312–325. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-312-325

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-91-96>
УДК 631.623:631.311.5

Х.А. Абдулмажидов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
127550, Россия, г. Москва,
ул. Прянишникова, д. 19

***Адрес для переписки:** hamzat72@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Абдулмажидов Х.А. Очистка каналов мелиоративных систем с помощью машин с различными видами сменного рабочего оборудования. *Овощи России*. 2023;(2):91-96. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-91-96>

Поступила в редакцию: 24.01.2023

Принята к печати: 14.03.2023

Опубликована: 03.04.2023

Khamzat A. Abdulmashidov

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
19, Pryanishnikov Str., Moscow, 127550,
Russian Federation

***Correspondence:** hamzat72@mail.ru

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

For citations: Abdulmashidov Kh.A. Cleaning the canals of reclaim systems with the help machines with various types of interchangeable working equipment. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):91-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-91-96>

Received: 24.01.2023

Accepted for publication: 14.03.2023

Published: 03.04.2023

Очистка каналов мелиоративных систем с помощью машин с различными видами сменного рабочего оборудования



Резюме

Актуальность. В статье описаны зоны с тем или иным преимущественным видом мелиорации в зависимости от территориального расположения мелиорируемых земель, дана краткая классификация каналов по конструктивным особенностям, формой сечения, пропускной способности и технико-эксплуатационным характеристикам. Каналы являются основными элементами мелиоративных систем. Обеспечение качественной работы каналов с требуемой пропускной способностью гарантирует эффективную работу всей мелиоративной системы. Даны характерные деформации каналов возникающие в процессе эксплуатации, а также факторы, влияющие на пропускную способность каналов такие как появление наносов, заиления и травяной растительности, рост кустарника и мелких деревьев. Представлены каналоочистительные машины, применяемые на каналах мелиоративных систем при очистительных и восстановительных работах, описаны их конструктивные особенности для очистки каналов различных типов и поперечных сечений. Описаны каналоочистители, относящиеся по режиму работы как к машинам периодического, так и непрерывного действия, которые наиболее эффективно и качественно выполняют очистку дна и откосов каналов различных мелиоративных систем. В статье также представлено пояснение повышения эффективности очистки каналов и последующая качественная работы мелиоративной системы в случае использования различных комплексов каналоочистительных машин, включающих в себя разнообразные машины с разными рабочими органами, типоразмерами и количеством. Выбор количества машин напрямую связан с технико-экономическими показателями: применение большого количества машин возможно окажется экономически нецелесообразным, а использование минимального количества машин не обеспечит требуемую очистку. Таким образом, важно выбрать оптимальное количество машин различных типоразмеров, формирующих отдельный комплекс. **Ключевые слова:** мелиоративные каналы, осушители, наносы, заиления, растительность в каналах, очистка каналов.

Cleaning the canals of reclaim systems with the help machines with various types of interchangeable working equipment

Abstract

Relevance. The article describes zones with one or another predominant type of melioration depending on the territorial location of the reclaimed lands, a brief classification of channels is given according to design features, cross-sectional shape, throughput capacity and technical and operational characteristics. Channels are the main elements of reclamation systems. Ensuring high-quality operation of channels with the required bandwidth guarantees the efficient operation of the entire reclamation system. Characteristic canal deformations that occur during operation are given, as well as factors affecting the throughput of canals, such as the appearance of sediment, silting and grass vegetation, the growth of shrubs and small trees. The article presents sewer cleaning machines used on canals of reclamation systems during cleaning and restoration work, describes their design features for cleaning canals of various types and cross sections. Canal cleaners are described, which, according to the mode of operation, are both intermittent and continuous machines, which most effectively and efficiently clean the bottom and slopes of channels of various reclamation systems. The article also provides an explanation of the increase in the efficiency of canal cleaning and the subsequent high-quality work of the reclamation system in the case of using various complexes of sewer cleaning machines, including a variety of machines with different working bodies, sizes and quantities. The choice of the number of machines is directly related to technical and economic indicators: the use of a large number of machines may not be economically feasible, and the use of a minimum number of machines will not provide the re-quired cleaning. Thus, it is important to choose the optimal number of machines of various sizes that form a separate complex.

Keywords: reclamation canals, dryers, sediments, silting, vegetation in canals, canal cleaning

Введение

Территорию Российской Федерации с точки зрения проведения мелиоративных работ можно условно разделить на две зоны: зона осушения и зона орошения. К зоне осушения можно отнести территории с избытком заболоченных районов, требующих сезонного удаления избытков влаги со строгим соблюдением требуемого водного режима, это преимущественно «северные» территории (европейская часть): Центральный федеральный округ, Северо-Западный федеральный округ и Приволжский федеральный округ. К зоне орошения относятся южные территории, преимущественно регионы Южного федерального округа и Республики Северо-Кавказского федерального округа со Ставропольским краем. Следует отметить, что некоторые регионы страны относятся к зонам рискованного земледелия, это примерно 70% территорий.

В некоторых регионах может осуществляться как осушение, так и орошение, часто это связано с сезонно-климатическими условиями. В паводковый период излишки воды необходимо сбрасывать, а в период засухи, наоборот, влагу необходимо сохранить. В таких случаях применяется система двойного регулирования. Для осушения территорий и для орошения сельскохозяйственных земель используются различные методы с разными элементами перемещения воды, такие как дренажные системы, капельное орошение и т.д. Применение открытых каналов для проведения осушительных мелиораций на сельскохозяйственных землях в некотором смысле имеет определенный недостаток, заключающийся в уменьшении площади, используемой под сельскохозяйственные угодья. Во избежание таких проблем на мелиоративных системах используют закрытый дренаж. Однако основным элементом для удаления влаги на осушительных системах и для подвода большого количества воды на оросительных системах в настоящее время все еще остаются каналы [1, 2, 3].

Обычно поперечный профиль канала имеет форму трапеции. Оросительные каналы имеют сравнительно большую пропускную способность, чем осушительные каналы. Естественными осушительными каналами являются небольшие реки. Конструкция каналов зависит от объема воды, перемещаемого за единицу времени; типа грунта, в котором построен канал; предназначения канала и его формированием на данной конкретной территории; геометрических параметров рабочих органов, с помощью которых прокладывается канал. Кроме каналов трапециевидного сечения существуют и каналы параболического сечения, форма которых наиболее близка к поперечному профилю естественных осушителей, т.е. рек.

Осушительные каналы могут быть в земляном теле с закрепленным дном и незакрепленным дном. Каналы с закрепленным дном составляют лишь незначительную часть.

При проектировании мелиоративных систем соблюдается последовательное командное формирование, при котором уровень воды старшего порядка выше, чем уровня младшего порядка.

Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в анализе комплексов мелиоративных каналоочистителей с различными рабочими органами и определении наиболее оптимального из них. Для достижения данной цели решены задачи по определению: естественно-производственных условий эксплуатации мелиоративных систем; конструктивных характеристик профилей мелиоративных каналов; изменений проектных размеров каналов в процессе эксплуатации; характеристик технико-эксплуатационных показателей каналоочистительных машин; характеристик ведущей машины комплекса – каналоочистителя, наиболее качественно выполняющего операцию по очистке с соблюдением требуемого уклона дна канала; наиболее оптимального комплекса машин с точки зрения производительности.

Методы исследования

В настоящей статье представлены материалы, полученные методами эмпирического исследования, как наблюдение, сравнение, измерение и моделирование систем по формированию комплексов каналоочистительных машин. Каналы в поперечном сечении имеют дно и откосы, в верхней части формируется берма, по которой могут перемещаться каналоочистительные машины. Каналы могут быть построены в выемке, а также в насыпи. Такой параметр как заложение откосов формируется в зависимости расхода воды и типа грунта, в котором прокладывается канал. В этом смысле каналы с трапециевидальным профилем по сравнению с параболическим наиболее удобны при подборе типа рабочего органа для проведения очистных работ.

В процессе эксплуатации мелиоративных каналов наблюдается изменение первоначального конструктивного профиля, связанного с появлением наносов, заиления, растительности и мелкого кустарника. Обычно при проектировании рабочего оборудования каналоочистительных машин так же, как и каналокопателей, основным параметром принимается глубина канала. Однако исследования состояния осушительных каналов показывают, что часто распределение наносов и заиления по длине каналов крайне неравномерно. В таких случаях основным параметром для проектирования рабочих органов становится толщина наносов, при эксплуатации каналов в течение 2-3 лет этот показатель может быть равным 0,15...0,25 м.

Основными причинами деформации и нарушения пропускной способности оросительных каналов особенно в начальный период эксплуатации являются размывы, заиления и зарастание; влияние низких температур особенно в глинистых грунтах; дополнительные нагрузки от кавальеров и просадка грунта (к просадочным относятся лессовые грунты, наиболее распространенные в Средней Азии).

Результаты и обсуждение

Существуют каналоочистительные машины, различающиеся по режиму работы – на машины периодического и непрерывного действия; по виду рабочего органа – с пассивным и активным рабочим органом, по приводу рабочего оборудования – гидравлические и канатно-блочные. Рабочее оборудование неполноповоротное или полноповоротное, может быть установлено



Рис. 1. Каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих
Fig. 1. Canal cleaner with a bucket on rigid guides

гусеничное ходовое устройство. Применение пневмоколесного ходового устройства с задним неполноповоротным рабочим оборудованием при очистке каналов малоэффективно. Наиболее эффективны с точки зрения технологии проводимых очистных работ гусеничные каналоочистительные машины с полноповоротным рабочим оборудованием. В качестве рабочего органа каналоочистителей непрерывного действия обычно применяются фрезерные и роторные конструкции. Такие машины обладают высокой производительностью и в настоящее время они востребованы.

Недостатком таких машин является невозможность обеспечения вращающимся рабочим органом первоначальных геометрических размеров канала [4, 5, 6].

К каналоочистительным машинам периодического действия относятся ковшовые каналоочистители. Они представлены машинами, работающими с бермы канала, а также внутриканальными, движущимися по оси канала. Каналоочистители периодического действия несколько уступают каналоочистителям непрерывного действия в производительности, но обладают высоким качеством работ. Особенно в этом смысле выделяется

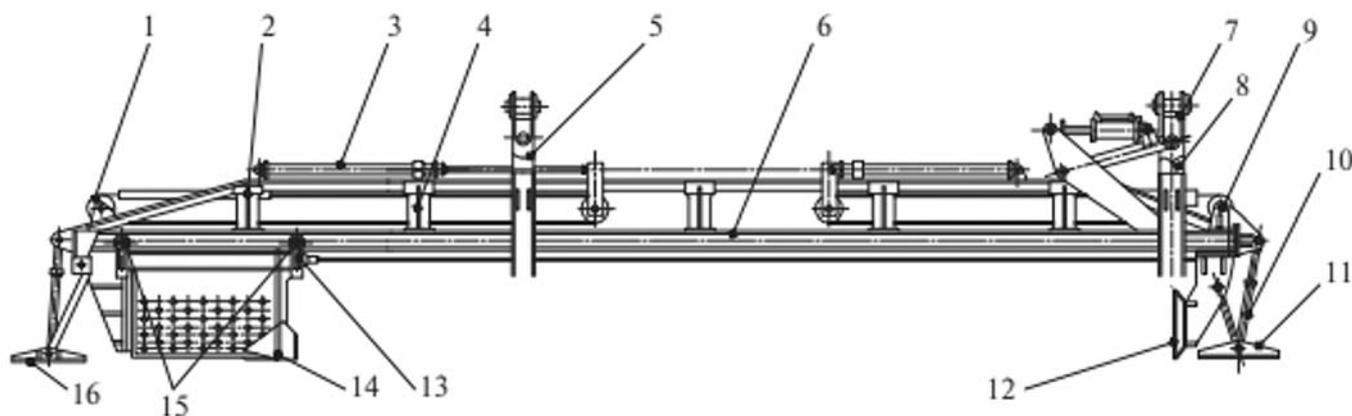


Рис. 2. Рабочее оборудование с продольным по оси канала движением ковша: 1, 2, 9 - концевые блоки; 3, 7 - гидроцилиндры передвижения ковша; 4 - рама рабочего оборудования; 5, 8 - передний и задний телескопы стрелы; 6 - направляющие балки; 10 - винтовая штанга; 11 - передняя подвижная опора; 12 - упорный щит; 13 - траверса; 14 - рабочий орган (ковш); 15 - роликовые опоры траверсы; 16 - задняя подвижная опора
Fig. 2. Working equipment with bucket movement longitudinal along the channel axis: 1, 2, 9 - end blocks; 3, 7 - bucket movement hydraulic cylinders; 4 - frame of working equipment; 5, 8 - front and rear boom telescopes; 6 - guide beams; 10 - screw rod; 11 - front movable support; 12 - thrust shield; 13 - traverse; 14 - working body (bucket); 15 - roller bearings of the traverse; 16 - rear movable support

каналоочиститель с ковшом на жесткой направляющей, который обеспечивает высокое качество очистных работ на каналах как с закрепленным дном, так и незакрепленным (рис. 1).

Эта машина с боковой навеской рабочего оборудования работает позиционно с бермы. Рабочее оборудование представляет собой навесную составную телескопическую стрелу, на конце которой навешена направляющая конструкция для ковша (рис. 2). Ковш перемещается по направляющим, представляющим собой два швеллера, посредством гидроцилиндров и скоростного четырехкратного полиспафта [7].

Каналоочиститель – русловой ремонтер, выполняет заданный технологический процесс по очистке канала, очищая дно каналов от наносов глубиной до 3 м и шириной по дну до 0,8 м. Зафиксирован широкий диапазон естественного фона, на котором может работать каналоочиститель. Машина надежно очищает каналы с толщиной наносов от 0,05 до 0,25 м. Наличие воды в канале, а также вид наносов и грунтовые условия не оказывают существенного влияния на качество очистки. Технологический процесс обеспечивает не только очистку дна от наносов, но и удаление донной растительности с разрушением ее корневой системы.

Производительность каналоочистителя с ковшом на жестких направляющих [м³/ч] как для машины периодического действия определяется по формуле:

$$P=q \cdot n$$

где q – вместимость ковша, м³;

n – число циклов в час,

$$n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4},$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, t_1, t_2, t_3, t_4 – соответственно продолжительности [с] движения ковша при копании, продолжительность подъема и выгрузки ковша, продолжительность передвижения машины на новую позицию, продолжительность опускания ковша в канал.

Продолжительность цикла в зависимости от глубины канала может быть в пределах от 40 до 55 сек. Производительность машины на очистке неукрепленных каналов с ковшом вместимостью 0,25 м³ составляет 20-28 м³/ч или 200-400 м/ч.

В качестве ведущей машины комплекса, кроме каналоочистителя РР-303, можно рассматривать также очиститель каналов навесной ОКН-0,5, который представляет собой машину циклического действия. Данная машина снабжается расширенным ковшом поперечного копания и предназначена для очистки откосов каналов. Цикл работы машины при этом состоит из следующих операций: отрыв грунта от массива, подъем ковша с грунтом на требуемую высоту, поворот ковша в сторону бермы, разгрузка ковша и обратная подача ковша в забой.

Кроме того, машина имеет сменный активный фрезерный рабочий орган. Производительность в этом случае определяется как произведение площади поперечного сечения снимаемой стружки на рабочую скорость машины. Однако применение активного рабочего органа для очистки дна каналов с закрепленными откосами приводит к разрушению элементов крепления. Сложности возникают также в обеспечении прямолинейного движения активного рабочего органа при осуществлении подачи базовой машины.

Очистка мелиоративных каналов не может быть произведена только лишь одним типоразмером машин определенного назначения. С учетом сопутствующих операций полная очистка каналов производится комплексом машин, содержащим машины различного назначения и определенного их количества. Содержание и количество машин одного комплекса определяется видами и последовательностью выполняемых операций.

К примеру, при капитальном ремонте каналов необходимо выполнить следующие операции: окашивание откосов, удаление наносов и растительности со дна и откосов, сбор и погрузка перемещенных со дна на берму наносов, заилений и растительности в транспортное средство. В соответствии с перечисленными видами работ комплекс может содержать каналоокашивающую машину, каналоочиститель, бульдозер, экскаватор и самосвал. Функции бульдозера и экскаватора может выполнять пневмоколесный экскаватор с рабочим оборудованием обратная лопата и бульдозерным отвалом.

Таким образом, в зависимости от типов и типоразмеров машин может быть сформировано большое количество комплексов машин по очистке каналов. Можно предположить, что представленные операции могут быть выполнены одним из трех комплексов с определенными машинами: 1. Каналоочиститель РР-303, экскаватор ЭО-3322, погрузчик на базе трактора МТЗ-82, самосвал ГАЗ-33098; 2. Каналоочиститель ОКН-0,5, каналоокашивающая машина КМ-82, экскаватор ЭО-2621, самосвал КамАЗ-43255; 3. Каналоочиститель МР-16, экскаватора ЕК-14, погрузчик ТО-18, самосвал ЗИЛ-5301. Задача в этом случае заключается в определении наиболее оптимального комплекса. Для решения данной задачи можно использовать алгоритм на графах, предложенный голландским ученым Дейкстрой [8, 9, 10]. Изначально алгоритм использовался для нахождения кратчайшего пути от одной из вершин графа до всех остальных. Если в проводимом исследовании по выбору оптимального комплекса применить алгоритм Дейкстры и заменить «нахождение кратчайшего пути» на «определение комплекса с минимальными энергетическими затратами», то можно вывести граф с оптимальным комплексом.

Экономическая оценка использования различных комплексов путем энергетического анализа работы машины в условиях меняющейся из года в год ценовой политики наиболее адекватно показывает расходы на производство тех или иных работ. Энергозатраты по сравнению с финансовыми не

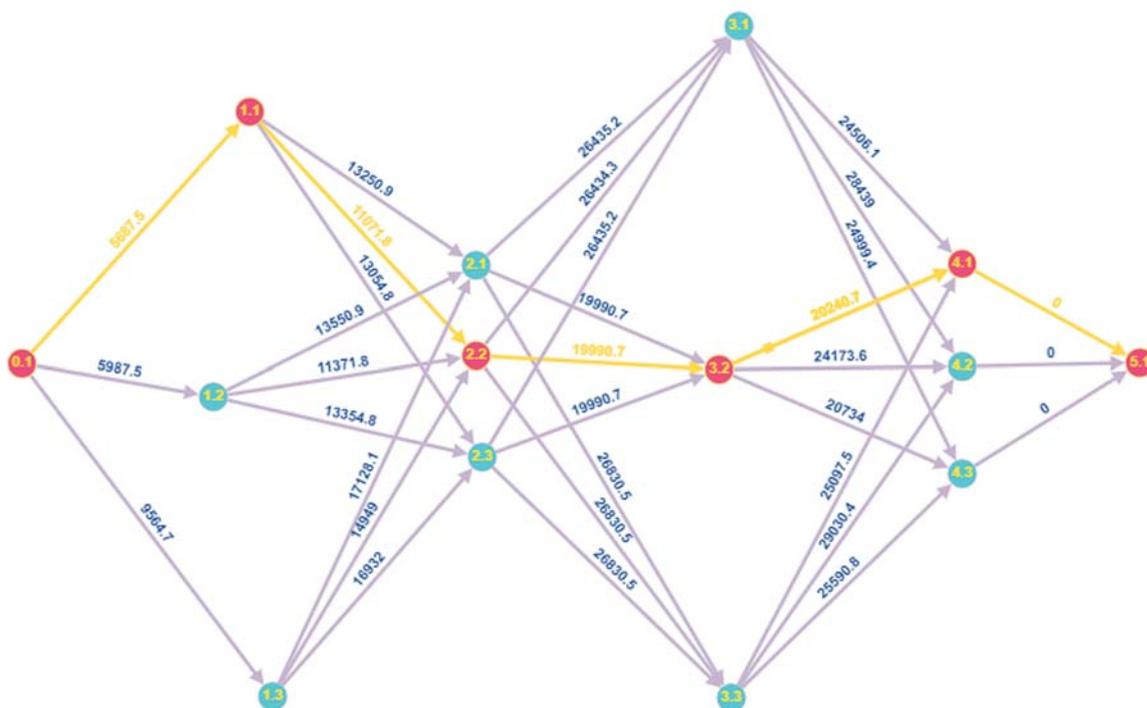


Рис. 3. Сетевой граф возможных комплексов машин с результатами расчёта по приведённым затратам и выбором оптимального варианта
Fig. 3. Network graph of possible complexes of machines with the results of the calculation for the reduced costs and the choice of the optimal variant

зависят от цен, поэтому их можно рассматривать в качестве наиболее постоянного фактора при выборе машин. При оценке экономической эффективности от использования машин, сущность которой заключается в сравнении экономических показателей существующей базовой системы с предлагаемой новой системой, экономические затраты можно полностью заменить энергетическими затратами [10, 11].

Полные энергозатраты на проведение технологической операции (или работы машины) \mathcal{E}_n , МДж/га, определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_n = \sum_j \mathcal{E}_{npj} + \sum_j \mathcal{E}_{oj},$$

где \mathcal{E}_{npj} – прямые удельные затраты энергии по j -ой выполняемой операции (или машине), МДж/га;

\mathcal{E}_{oj} – затраты, осуществленные при использовании энергоносителей, МДж/га.

Прямые удельные затраты на выполнение j -ой технологической операции (или машине) можно определить по формуле [10, 11]:

$$\mathcal{E}_{npj} = \sum_k q_{kj} e_k$$

где q_{kj} – норма расхода энергоносителей k -го вида, используемых при выполнении технологического процесса (или для работы машины) на единицу объема работы, кг/га;

e_k – энергосодержание k -го энергоносителя, МДж.

Норма расхода энергоносителей (топлива) за 1 маш.-ч работы q_{kj} , кг/маш.-ч, определена согласно Своду правил по проектированию и строительству СП12-102-2001.

На рисунке 3 представлен граф, выполненный на основе энергетических затрат машин различных вариантов.

Желтыми стрелками указаны наименьшие энергетические затраты машин из представленного перечня по трем каналоочистительным комплексам на соответствующих участках выполнения работ.

Выводы

По полученному графу оптимальный комплекс, выбранный на основе минимальных энергетических затрат для выполнения конкретной операции очистки мелиоративного канала, включает в себя каналоочиститель РР-303, каналоокашивающую машину КМ-82, экскаватор ЭО-2621 и самосвал ГАЗ-33098.

Основной задачей для качественной очистки каналов является определение наиболее оптимального комплекса. Решить такую задачу необходимо, учитывая системный подход и с учетом одного наиболее важного критерия. При очистке каналов наиболее важными критериями является качество очистки каналов с минимальными энергетическими затратами, обеспечивающее полное функционирование мелиоративной системы. Немаловажным являются и технико-экономические и технико-эксплуатационные показатели. Одним из способов решения проблемы выбора наиболее оптимального комплекса каналоочистительных машин является использование алгоритма Дейкстры.

Об авторе:

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ» Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, адрес для переписки: hamzat72@mail.ru

About the Author:

Khamzat A. Abdulmazhidov – Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Reclamation and Construction Machinery of the Institute of Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov, (Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy), Correspondence, hamzat72@mail.ru

• Литература

1. Апатенко А.С. Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина"*. 2013;2(58):23-25.
2. Кизяев Б.М., Мартынова Н.Б. Реализация научных проектов в сфере развития мелиоративного комплекса России. *Природообустройство*. 2015;(5):13-17.
3. Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Состояние оросительных каналов и пути повышения качества их содержания на примере Саратовской области. Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении: *Материалы международной научно-практической конференции*, Саратов, 17–18 ноября 2016 года / Под редакцией Ф.К. Абдразакова. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2016. С. 265-272.
4. Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Абдулмажидов Х.А. Исследования износа рабочих элементов машин и технологического оборудования. *Тракторы и сельхозмашины*. 2014;(2):36-38.
5. Абдулмажидов Х.А., Мочунова Н.А. Аналитическая модель системы управления скоростью движения ковша каналоочистительной машины. *Строительные и дорожные машины*. 2014;(9):13-15.
6. Карапетян М.Л., Абдулмажидов Х.Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303. *Природообустройство*. 2015(2):78-80.
7. Абдулмажидов Х.А. Комплексное применение каналоочистительных машин. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина"*. 2013;3(59):28-32.
8. Абдразаков Ф.К., Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Исследования работы машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности. *Строительные и дорожные машины*. 2014;(7):14-20.
9. Абдразаков Ф.К., Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности. *Аграрный научный журнал*. 2014;(12):51-55.
10. Абдразаков Ф.К., Соловьев Д.А., Горюнов Д.Г., Анисимов С.А. Экономико-энергетическая оценка эффективности технологии и технических средств для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения. *Аграрный научный журнал*. 2014;(9):31-35.
11. Абдулмажидов Х.А. Выбор оптимального состава комплекса машин для очистки осушительного канала мелиоративной сети. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;1(65):391-399. DOI 10.32786/2071-9485-2022-01-38.

• References

1. Apatenko A.S. Modern trends in the development of the technical potential of land reclamation. *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2013;2(58):23-25. (In Russ.)
2. Kizyaev B.M., Martynova N.B. Implementation of scientific projects in the field of development of the meliorative complex of Russia. *Prirodoobustroystvo*. 2015;(5):13-17. (In Russ.)
3. Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. The state of irrigation canals and ways to improve the quality of their maintenance on the example of the Saratov region. Research in construction, heat and gas supply and energy supply: *Proceedings of the international scientific and practical conference*, Saratov, November 17–18, 2016 / Edited by F.K. Abdrazakov. - Saratov: Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilova, 2016. P. 265-272. (In Russ.)
4. Orlov B.N., Karapetyan M.A., Abdulmazhidov Kh.A. Studies of the wear of working elements of machines and technological equipment. *Tractors and agricultural machines*. 2014;(2):36-38. (In Russ.)
5. Abdulmazhidov Kh.A., Mochunova N.A. Analytical model of the speed control system for the bucket of a sewer cleaning machine. *Construction and road machines*. 2014;(9):13-15. (In Russ.)
6. Karapetyan M.L., Abdulmazhidov Kh.L. Theoretical study of the dynamics of the working body of the RR-303 sewer cleaner. *Prirodoobustroystvo*. 2015(2):78-80. (In Russ.)
7. Abdulmazhidov Kh.A. Complex application of sewer cleaning machines. *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2013;3(59):28-32. (In Russ.)
8. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Research into the operation of machines for cleaning reclamation canals and fire-fighting reservoirs from trees and shrubs. *Construction and road machines*. 2014;(7):14-20. (In Russ.)
9. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Field studies of machines for cleaning reclamation canals and fire-fighting water bodies from trees and shrubs. *Agrarian scientific journal*. 2014;(12):51-55. (In Russ.)
10. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Economic and energy assessment of the effectiveness of technology and technical means for cleaning reclamation canals and reservoirs for firefighting purposes. *Agrarian scientific journal*. 2014;(9):31-35. (In Russ.)
11. Abdulmazhidov Kh.A. The choice of the optimal composition of the complex of machines for cleaning the drainage channel of the reclamation network. *News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2022;1(65):391-399. DOI 10.32786/2071-9485-2022-01-38. (In Russ.)

При поддержке Министерства науки и высшего образования, Министерства сельского хозяйства РФ, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) совместно с ФГБУ «Россельхозцентр» в период с 1 по 12 августа 2023 года проводит курсы по подготовке агрономов-апробаторов овощных, бахчевых и цветочных культур.

Слушателям, успешно прошедшим полный курс обучения, будут выданы удостоверения государственного образца.

Стоимость обучения одного слушателя – 27150,00 руб.

Адрес: 143072, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14.

Проезд: от Белорусского вокзала или от станции метро «Беговая», «Кунцевская», «Фили» электропоездом до ж/д станции «Пионерская».

Выход из 1-го вагона налево через мост, далее через Можайское шоссе до ФГБНУ ФНЦО.

Проживание в гостиницах п. ВНИИССОК или г. Одинцово. Подробнее – на сайтах гостиниц: Добрые соседи, гостиница, ул. Дружбы, 4, посёлок ВНИИССОК – Яндекс Карты (yandex.ru); Теплица парк – Яндекс Карты (yandex.ru); Такт – Яндекс Карты (yandex.ru)

Контактные телефоны:

8 (495) 599-24-42 – приемная директора;

8 (495) 599-13-22 – главный бухгалтер;

8 (495) 594-77-38 – оргкомитет (Ушаков Владимир Анатольевич);

E-mail: 100vniissok@mail.ru

Подробная информация размещена на сайте: www.vniissok.ru

** – Решением Межправительственного координационного совета по вопросам семеноводства СНГ от 25 января 2018 года Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) утверждено базовой организацией по повышению квалификации специалистов по вопросам селекции и семеноводства государств-участников СНГ.*

*** – лицензия № ЛО35-00115-50/00096251*





ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

БОЛЬШОЙ ВЫБОР СЕМЯН от ведущего производителя в России

КОНТАКТЫ:

Отдел продаж ФГБНУ ФНЦО: +7(495)594-77-17, +7(903)190-46-55

E-mail: info@vniissok.com

Интернет-магазин: www.vniissok.com

Магазин "Семена ВНИССОК":

Адрес: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Липовая, д.2

График работы: понедельник-пятница 9.00-18.00, суббота 9.00-17.00, воскресенье 9.00-14.00

В нашем магазине Вы всегда можете самостоятельно купить семена, свежие овощи, рассаду, цветы, а также сопутствующие товары.



на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com