

Овощи России

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

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

6 2022

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal



*С наступающим
Новым 2023 годом!*



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



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Томат Содружество

Сорт среднепоздний, от массовых всходов до созревания – 115-118 суток. Высота главного стебля – 65-75 см. Куст детерминантный. Форма плода округло-плоская, масса плода – 180-250 г. Окраска незрелого плода зеленая, без зеленого пятна у плодоножки, спелого – темно-розовая. Продуктивность – 1,8-2,1 кг/растения, Урожайность – 58-60 т/га. Сорт засухоустойчив, плоды имеют хорошие вкусовые качества. Рекомендуется для свежего потребления.

Ценность: высокий стабильный урожай. Плоды очень плотные, хорошо лежат. Содержание сухого вещества – до 7-8% при низкой кислотности до 0,39% и сумме сахаров до 3,47%. Биохимический состав плодов позволяет использовать для диетического питания детей. Сорт с высокой завязываемостью при неблагоприятных погодных условиях. Засухоустойчив, холодостоек. Относительно устойчив к фитофторозу, плоды не растрескиваются. Сорт рекомендуется для выращивания как в открытом грунте, без подвязки к шпалере, так и в малогабаритных неотапливаемых пленочных теплицах.



на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тираж 100 экземпляров.

Дата выхода в свет: 02.12.2022

Цена свободная

Отпечатано в типографии:

ООО «ПРИНТ»
426035, г. Ижевск,
ул. Тимирязева, д. 5, оф. 5

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

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



Editor in chief

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Address of the journal publisher and office: 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. Free price. Published: 02.12.2022

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

The license ПИ №ФЦ77-72184 of the January, 15, 2018.

Published since 2008. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**Гавриш С.Ф., Редичкина Т.А., Топинский А.И.**Создание исходного материала для селекции F₁ гибридов вишневидного томата с высоким содержанием сухого растворимого вещества.5**Джос Е.А., Мамедов М.И., Пышная О.Н.,****Голубкина Н.А., Вербя О.В., Матюкина А.А.**

Сравнительный анализ содержания антоцианов в различных образцах томата в связи с селекцией.11

Курина А.Б.Разнообразие образцов базилика (*Ocimum basilicum* L.)

коллекции ВИР по морфологическим и фенологическим признакам.17

Боровая С.А., Богинская Н.Г.

Исследование регенерационной способности

и микрклональное размножение *Petunia hybrida in vitro*.24**Коротцева И.Б., Белов С.Н.**

Селекция огурца на партенокарпию для весенних теплиц.29

Шамшин И.Н., Ильичев А.С. Грошева Е.В.

Оценка внутрисортного полиморфизма генов устойчивости

к грибным болезням томата у сортов селекции Мичуринского ГАУ.35

САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ**Федосов А.Ю., Меньших А.М.**

Технологии точного земледелия в овощеводстве.40

Молоков Б.М.Оценка перспективы выращивания гибрида капусты белокочанной Снежинка F₁

для получения органической продукции.46

Разин О.А., Сурихина Т.Н.

Анализ производства капусты в России.51

Балашова И.Т., Бондарева Л.Л., Пинчук Е.В.,**Молчанова А.В., Шевченко Т.Е., Мащенко Н.Е.**

Выращивание растений капусты японской на многоярусной гидропонной конструкции

с использованием природных иммуномодуляторов.59

Тхаганов Р.Р., Морозов А.И., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Н.

Абиотические стрессы и пути их преодоления на тысячелистнике обыкновенном

(*Achillea millefolium* L.) в условиях Западного Предкавказья.66**Кондратьева И.Ю., Молчанова А.В.**

Влияние дозаривания на биохимические показатели плодов томата

(*Solanum lycopersicum* L.) оранжевой окраски.72**Антошкин А.А., Молчанова А.В., Смирнова А.М.**Урожайность и биохимический состав сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.)

в условиях Московской области.78

Акимов С.В., Мацнева А.Е., Марченко Л.А.,**Соловьев А.В., Зубков А.В., Буланов А.Е., Аркаев Д.С.**

Применение удобрений пролонгированного действия

при выращивании рассады земляники садовой.83

Янченко Е.В., Енгальчев Д.И., Енгальчева Н.А., Алексеева К.Л.

Влияние мульчирующих материалов на урожайность,

биохимический состав и сохраняемость плодов перца сладкого.90

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ**Ермак М.В., Мацишина Н.В., Фисенко П.В.**Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.):

систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор).97

Федорова Н.Е., Егорова М.В., Родионов А.С., Богданова Ю.Ю.

Изучение аккумуляционной способности сельскохозяйственных культур

при исследовании динамики остаточных количеств медьсодержащих пестицидов.104

Куркина Ю.Н.

Чем болеет маш, или грибные болезни вигны лучистой.113

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО**Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А., Максимова К.С.**

Влияние предшественников, минеральных удобрений и гумата

на засоренность посевов сорными растениями и урожайность корнеплодов цикория корневого.118

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА**Абдулмажидов Х.А.**

Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя

с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов.125

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY**Gavrish S.F., Redichkina T.A., Topinskiy A.I.**Source material creation for high content of dry soluble substances F₁ cherry tomato hybrids breeding.5**Dzhos E.A., Mamedov M.I., Pyshnaya O.N., Golubkina N.A., Verba O.V., Matyukina A.A.**

Comparative analysis of anthocyanin content in various tomato samples in connection with breeding.11

Kurina A.B.Diversity of the VIR basil (*Ocimum basilicum* L.) collection by morphological and phenological features.17**Borovaya S.A., Boginskaya N.G.**Regenerative ability and micropropagation of *Petunia hybrida* in vitro.24**Korotseva I.B., Belov S.N.**

Selection of cucumber for parthenocarp for spring greenhouses.29

Shamshin I.N., Ilyichev A.S., Grosheva E.V. E

valuation of intravarietal polymorphism of tomato fungal disease resistance genes in Michurinsky State Agrarian University breeding varieties.35

HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS**Fedosov A.Yu., Menshikh A.M.**

Precision farming technologies in vegetable growing.40

Molokov B.M.Hybrid of white cabbage Snezhinka F₁ – the prospects of cultivation for the organic production.46**Razin O.A., Surikhina T.N.**

Analysis of cabbage production in Russia.51

Balashova I.T., Bondareva L.L., Pinchuk E.V.,**Molchanova A.V., Shevchenko T.E., Mashcenco N.E.**Cultivation of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* plants at the multi circle hydroponic installation with help of natural immunomodulators.59**Tkhaganov R.R., Morozov A.I., Tropina N.S., Tkhaganov R.N.**Abiotic stresses and ways to overcome them on *Achillea millefolium* L. in conditions of the Western Precaucasus.66**Kondratyeva I.Yu., Molchanova A.V.**Effect of ripening on biochemical characteristics of tangerine tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.).72**Antoshkin A.A., Molchanova A.V., Smirnova A.M.**Biochemical content and yield of some cultivars of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Moscow region conditions.78**Akimova S.V., Matsneva A.E., Marchenko L.A.,****Solovyov A.V., Zubkov A.V., Bulanov A.E., Arkaev D.S.**

Use of prolonged-acting fertilizers in growing garden strawberry seedlings.83

Yanchenko E.V., Engalychev D.I., Engalycheva N.A., Alekseeva K.L.

The effect of mulching materials on yield, biochemical composition and preservation of fruits of bell pepper.90

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**Ermak M.V., Matsishina N.V.**The potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): classification, morphology and harmfulness (review).97**Fedorova N.E., Egorova M.V., Rodionov A.S., Bogdanova Ju.J.**

Investigation of accumulation ability of crops in point of dynamics of residual quantities of copper-containing pesticides.104

Kurkina Yu.N.What does mash suffer from, or fungal diseases of the *Vigna radiata*.113**AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION****Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A., Maksimova K.S.**

Influence of predecessors, mineral fertilizers and humate on the infestation of crops with weeds and the yield of chicory roots.118

IRRIGATION ENGINEERING, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS**Abdulmazhidov Kh.A.**

Dependence of the performance of the reclaiming sewer cleaner with rigid guides from interchangeable bucket tools capabilities.125

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-5-10>
УДК 635.64:631.526:581.19

С.Ф. Гавриш, Т.А. Редичкина,
А.И. Топинский*

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт селек-
ции овощных культур»
(ООО «НИИСОК»)

127006, Россия, г. Москва, ул. Садовая-
Каретная, д.8, стр.6, этаж 2, помещение II,
комната 5,7

*Автор для переписки:

without.fantasy1@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Гавриш С.Ф., Редичкина
Т.А., Топинский А.И. Создание исходного
материала для селекции F₁ гибридов вишне-
видного томата с высоким содержанием
сухого растворимого вещества. *Овощи
России*. 2022;(6):5-10.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-5-10>

Поступила в редакцию: 13.10.2022

Принята к печати: 24.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Sergey F. Gavrish, Tatiana A. Redichkina,
Alexandr I. Topinskiy*

«Scientific Research Institute of Vegetable
Breeding» Ltd.
8, bld. 6, 2 floor, II, room no 5,7, Sadovaya-
Karetnaya st., Moscow, 127006, Russia

*Correspondence Author:

without.fantasy1@gmail.com

Conflict of interest. The authors have
no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they
have contributed to the intellectual content of
this paper.

For citations: Gavrish S.F., Redichkina T.A.,
Topinskiy A.I. Source material creation for high
content of dry soluble substances F₁ cherry
tomato hybrids breeding. *Vegetable crops of
Russia*. 2022;(6):5-10. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-5-10>

Received: 13.10.2022

Accepted for publication: 24.10.2022

Published: 02.12.2022

Создание исходного материала для селекции F₁ гибридов вишневидного томата с высоким содержанием сухого растворимого вещества



Резюме

Актуальность. Развитие потребительского спроса на наличие плодов томата различной окраски требует от отечественных селекционеров создания новых высокоэффективных гибридов с экзотической окраской плода. При создании вишневидного томата с экзотической окраской плодов селекционеры работают помимо традиционных показателей, таких как комплексная устойчивость к болезням, высокая урожайность гибрида, но и ведут селекцию на вкусовые качества плода. Одним из индикаторов вкуса является «содержание сухого растворимого вещества в плодах». Однако в литературе не встречается информации о варьировании данного признака внутри различных цветковых групп вишневидного томата. Целью нашей работы было создание исходного материала для селекции F₁ гибридов вишневидного томата с высоким содержанием сухого растворимого вещества.

Материал и методы. Все измерения были получены рефрактометрическим методом и представлены в шкале °Brix. В ходе исследования были изучены 46 расщепляющихся F₂ популяций вишневидного томата, включающих 17 с красной, 12 с желтой, 7 с розовой, 8 с коричневой и 2 с фиолетовой окраской. Анализируя полученные данные, были рассчитаны следующие статистические показатели: частота встречаемости вариант; средняя арифметическая; дисперсия; коэффициент вариации; ошибка выборочной средней. Для апробации полученных результатов применялась относительная ошибка выборочной средней.

Результаты. Были вычислены коэффициенты вариации признака «содержание сухого растворимого вещества в плодах» в каждой из пяти цветковых групп вишневидного томата (от 17,43% у коричневоплодных до 25,13% у красноплодных). Определены границы изменчивости и средние значения содержания сухого растворимого вещества как внутри групп (от 7,2 °Br у розовоплодных до 8,8 °Br у желтоплодных), так и для каждого изучаемого селекционного образца. Практическим результатом работы стал отбор наиболее перспективного селекционного материала внутри различных цветковых групп вишневидного томата, сочетающих высокие значения сухого вещества с комплексом хозяйственно-ценных признаков.

Ключевые слова: вишневидный томат, окраска, сухое растворимое вещество, изменчивость, коэффициент вариации

Source material creation for high content of dry soluble substances F₁ cherry tomato hybrids breeding

Abstract

Relevance. Consumer demand development of exotic colors presence in modern tomato hybrids requires a timely response from domestic breeders for creating highly effective hybrids. With regard to cherry tomatoes, special attention of breeders is aimed at achieving excellent taste in new hybrids. One of the indicators is the "content of dry soluble substances in fruits". However, there is no information in the literature about the variation of this trait within different color groups of cherry tomatoes. The aim of our work was the creation of initial material for the selection of F₁ cherry tomato hybrids with a high content of dry soluble substances.

Materials and methods. All measurements were obtained by the refractometric method and presented in the oBrix scale. The study examined 46 F₂ splitting cherry tomato populations, including 17 red, 12 yellow, 7 pink, 8 brown, and 2 purple. Analyzing the obtained data, the following statistical indicators were made: the frequency of occurrence of the variant; arithmetic mean; dispersion; the coefficient of variation; sample mean error. Relative error was used to test the sample results obtained.

Results. The coefficients of variation of the trait «content of dry soluble substances in fruits» were calculated in each of the five color groups of cherry tomatoes (from 17.43% for brown-fruited to 25.13% for red-fruited). The boundaries of variability and average values of the content of dry soluble substances were determined both within the groups (from 7.2 oBr in pink-fruited to 8.8 oBr in yellow-fruited ones), and for each studied breeding sample. The practical result of the work was selection of the most promising breeding material within different color groups of cherry tomato, combining high values of dry matter with a complex of economically valuable traits.

Keywords: cherry tomato, color, soluble substances, variability, coefficient of variation

Введение

Культура томата повсеместно представляет высокую ценность в хозяйственно-пищевом отношении, что обуславливает ежегодно возрастающий спрос. Расширение потребительских предпочтений и развитие рынка вишневидного томата обусловлено морфологическими и биохимическими особенностями плодов данной группы. В настоящий момент возник запрос на расширение ассортимента вишневидного томата, путем внедрения F₁ гибридов, сочетающих высокие вкусовые качества с необычной окраской плода.

Селекция на улучшение биохимического состава плода традиционно является ключевым направлением для вишневидного томата. Среди представленных в литературе методов определения вкусовых характеристик плода, на первоначальных этапах селекционной программы наиболее эффективен рефрактометрический метод определения сухих растворимых веществ, что обусловлено высокой скоростью проведения анализа, низкой стоимостью и незначительными расхождениями с результатами, полученными весовым методом.

Как и большинство признаков, отражающих общий химический состав культуры, концентрация сухого растворимого вещества в плодах томата контролируется действием нескольких генов и в значительной степени подвержена модифицирующему влиянию условий выращивания [1]. Доля этого воздействия варьирует в различных исследованиях, что в условиях неоднозначности вопроса, подталкивает селекционеров к дальнейшей работе с генетическими особенностями сорта, как более контролируемой средой.

Вопрос о характере наследования сухого растворимого вещества в плодах томата активно поднимался в работах различных исследовательских групп. Обобщая совокупный результат этих исследований, А.В. Алпатьев (1981) отметил сложную природу наследования признака и возможность проявления, в зависимости от гибрида, полного доминирования, сверхдоминирования и промежуточного наследования. Немного позже Ch. Daskaloff, M. Konstantinova (1981) сделали вывод, что признак наследуется частично доминантно.

Во многих исследованиях была обнаружена тесная корреляция между содержанием сахаров и сухих растворимых веществ. По этой причине экспрессия признака содержания сухих веществ имеет сильную связь с генами, ответственными за метаболизм сахарозы, интенсивность фотосинтеза, накопление и распределение хлоропластов. К данной группе генов можно отнести: ген TAI, экспрессирующийся в плодах томата и регулирующий синтез и работу кислой вакуолярной инвертазы [2], фермента, отвечающего за процесс запасаания сахаров и транспорт сахарозы в клетку [3]; паралогичные гены *LIN5*, *LIN6*, *LIN7* и *LIN8*, которые регулируют работу апопластических инвертаз [4], фермент контролирует транспорт сахарозы в клетки через апопласт [5]; ген *SISUS1*, отвечающий за синтез и работу фермента сахарозосинтазы, который регулирует процессы синтеза и распада сахарозы [6]; ген *RIN* участвует в процессе созревания плодов, регулируя биосинтез этилена, углеводов и ароматических соединений [7], а также экспрессию генов инвертазы (TAI) и ингибитора инвертазы (VIF) [6-8]; ген *U* ответственен за накопление и распределение хлорофилла в процессе созревания плодов; ген HP контролирует цитокиновый клеточный цикл, определяет размер клеток и число хлоропластов [9, 10].

Взаимосвязь между окраской томата и качественным составом плода обусловлена биохимической природой ее формирования. Та или иная пигментация в процессе созревания формируется путем сложного взаимодействия между фитогормонами, условиями окружающей среды и генетически предопределёнными факторами: пигментным составом кожицы, особенностями биосинтеза каротиноидов и деградации хлорофилла [11].

Закономерности наследования и пути формирования различных типов окраски плодов томата активно изучались различными исследовательскими группами. Так в своей работе Hunt и Baker (1980) отмечали, что ген Y приводил к накоплению флавоноида нарингенин халкона в кожице томата, что обуславливало ее желтоватую окраску. Мутантный аллель данного гена приводил к формированию бесцветной кожицы.

Доминантный аллель R локуса обуславливает синтез и накопление каротиноидного пигмента – ликопина, определяющего характерную красную окраску мякоти. Рецессивное состояние гена приводит к ингибированию активности фитоенсинтазы и формированию бледно желтой окраски [12]. Накопление проликопена контролируется действием гена t и приводит к формированию оранжевой окраски [13]. Формирование фиолетовой окраски у томата обусловлено синтезом антоцианов в кожице плода в ответ на воздействие стрессовых факторов [14].

Условия, материалы и методы исследования

Научно-исследовательскую работу проводили в 2020 году на базе Слободского селекционного центра «Гавриш» в климатических условиях Московской области. В работе нами была изучена коллекция, состоящая из 46 расщепляющихся F₂ популяций вишневидного томата с различной окраской плодов, на предмет содержания в них сухого растворимого вещества.

Агротехника – общепринятая для культуры томата. Рассада была выращена в условиях пленочной теплицы с дополнительным обогревом. Посев на рассаду проводили 7 апреля в кассеты, начало всходов – 21 апреля. Подростая рассада 11 мая была высажена в грунтовые пленочные необогреваемые теплицы с капельным поливом. Схема посадки двухстрочная 70х50х35.

Весь полученный растительный материал был визуально оценен и распределен на 5 цветковых групп: красноплодные, желтоплодные, розовоплодные, коричневоплодные, фиолетовоплодные.

Для определения средней концентрации сухого растворимого вещества в плодах применялся ручной рефрактометр ATAGO-Pal1 с автоматической температурной компенсацией, принцип действия которого основан на измерении угла преломления света на границе двух сред. Для проведения измерений каждого из растений были отобраны по три полностью вызревших плода в основании первой кисти, после чего на датчик прибора наносили 2-3 капли клеточного сока.

Обработка данных и расчет статистических показателей проводились с использованием пакета программ Microsoft Excel. Для расчета последних применялись следующие формулы: дисперсия (S^2)= $\Sigma(x-x_{cp})^2/n-1$; стандартное отклонение (S)= $\sqrt{S^2}$; коэффициент вариации ($V, \%$)= $(S/x_{cp}) * 100$; ошибка выборочной средней (S_x)= $S/\sqrt{n}$; относительная ошибка выборочной средней ($S_x, \%$)= $S_x/x * 100$.

Результаты и их обсуждение

В ходе нашего исследования была оценена коллекция, представленная 46 расщепляющимися F_2 популяциями, что позволило определить материал, наиболее полно отвечающий требованиям составленной селекционной программы по созданию высокоэффективных F_1 гибридов вишневидного томата различной окраски. Так по результатам работы внутри различных групп по содержанию сухого вещества выделялись следующие селекционные образцы: *красноплодные* – № 16348 (14,5 °Br), № 16343 (14,2 °Br), № 16334 (13,9 °Br), № 16336 (13,6 °Br) и № 16347 (13,1 °Br); *желтоплодные* – № 16416 (16,4 °Br), № 16420 (16,0 °Br), № 16417 (15,4 °Br) и № 16418 (15,0 °Br); *розовоплодные* – № 16460 (11,3 °Br) и № 16461 (10,4 °Br); *коричневоплодные* – № 16482 (11,8 °Br), № 16485 (11,7 °Br), № 16484 (11,4 °Br) и № 16480 (11,3 °Br); *фиолетовоплодные* – № 16505 (12,6 °Br). Эффективность отбора на высокое содержание сухого вещества на ранних генерациях подтверждается исследованием Stoner и Thompson (1966), в котором был установлен коэффициент наследуемости на уровне 74,9%.

Используя пакет программ *Microsoft Excel*, был проведен математический анализ и вычислен ряд статистических показателей для каждой из изучаемых цветковых групп вишневидного томата. Результаты этих вычислений представлены в табл. 1.

Из представленных данных следует, что наибольший показатель среднего значения признака «содержание сухого растворимого вещества в плодах» (x_{cp}) в условиях поставленного эксперимента был обнаружен в группах с желтой окраской плода (8,8 °Br), наименьший – в группе розовоплодных (7,2 °Br). Внутри каждой из изучаемых групп наибольшие средние значения

(хср) были установлены в следующих селекционных образцах: *красноплодные* – № 16334 (10,2 °Br), № 16348 (10,1 °Br); *желтоплодные* – № 16420 (10,1 °Br), № 16422 (9,8 °Br); *розовоплодные* – № 16461 (8,8 °Br) и № 16460 (8,0 °Br); *коричневоплодные* – № 16485 (9,1 °Br) и № 16482 (9,0 °Br); *фиолетовоплодные* – № 16505 (9,4 °Br).

Наиболее широкие диапазоны значений °Brix были отмечены внутри желтоплодной (4,0-16,4 °Br) и красноплодной групп (4,2-14,5 °Br), наименьшие в группе с фиолетовой окраской (5,8-12,6 °Br).

При оценке изменчивости каждой из цветковых групп вишневидного томата, коэффициенты вариации демонстрировали от средней до сильной степени варьирования признака «содержание сухого растворимого вещества в плодах». Наибольшее варьирование значений °Brix наблюдалось в группе *красноплодных томатов* ($V, \% = 25,13$). Наименьшая изменчивость признака отмечена у *коричневоплодных* ($V, \% = 17,43$) и *розовоплодных* ($V, \% = 17,67$) томатов. Рассматривая селекционные образцы отдельно в составе каждой цветовой группы, можно обобщить следующее: *красноплодные* – варьирование признака находилось в диапазоне $V, \% = 9,61-30,68$; *желтоплодные* – в диапазоне $V, \% = 11,36-31,78$; *розовоплодные* – в диапазоне $V, \% = 5,56-17,98$; *коричневоплодные* – в диапазоне $V, \% = 9,95-18,38$; *фиолетовоплодные* – в диапазоне $V, \% = 8,7-19,06$. Полученные значения коэффициентов вариации в каждом отдельно взятом селекционном образце демонстрируют от слабой до сильной вариабельности признака «содержание сухого растворимого вещества в плодах», что говорит нам о значительном вкладе генотипа. Этот вывод также подтверждается рассчитанными по каждой группе F_1



Рис. 1. Образцы вишневидного томата с наибольшим содержанием сухого растворимого вещества в плодах в различных цветковых группах. Слева направо – № 16348 (14,2 оBr); № 16416 (16,4 оBr); № 16460 (11,3 оBr); № 16482 (11,8 оBr)

Fig. 1. Cherry tomato samples with the highest content of dry soluble substances in fruits in various color groups. From left to right – № 16348 (14,2 оBr); № 16416 (16,4 оBr); № 16460 (11,3 оBr); № 16482 (11,8 оBr)

Таблица 1. Результаты статистической обработки данных о содержании сухих растворимых веществ в плодах селекционных образцов вишневидного томата пяти цветковых групп, полученных на базе пленочных теплиц Слободского селекционного центра «Гавриш» в 2020 году

Table 1. The results of statistical processing of data on the content of dry soluble substances in the fruits of cherry tomato breeding samples of five color groups obtained on the basis of film greenhouses of the Sloboda breeding center "Gavrish" in 2020

Номер образца	Число растений (n), шт.	Min значение, °Br	Max значение, °Br	Среднее арифметическое ($\bar{X}$), °Br	Дисперсия (S^2), °Br	Стандартное отклонение (S), °Br	Коеффициент вариации (V, %), %	Ошибка выборочной средней (S_x), °Br	Относительная ошибка выборочной средней (S_x , %), %
КРАСНОПЛОДНЫЕ ТОМАТЫ									
16330	30	5,0	8,2	6,6	0,65	0,81	12,22	0,15	2,2
16331	28	6,5	10,4	8,3	0,78	0,88	10,71	0,17	2,0
16332	30	4,3	7,8	6,5	0,77	0,88	13,46	0,16	2,5
16333	30	4,3	8,8	6,7	1,43	1,20	17,93	0,22	3,3
16334	76	6,2	13,9	10,2	4,01	2,00	19,63	0,23	2,3
16335	35	4,8	11,5	8,0	2,51	1,58	19,75	0,27	3,3
16336	20	4,3	13,6	7,7	5,51	2,35	30,68	0,52	6,9
16341	31	5,5	9,9	7,4	1,09	1,04	14,09	0,19	2,5
16342	31	4,2	8,3	5,7	1,82	1,35	23,84	0,24	4,3
16343	30	4,3	14,2	8,7	4,70	2,17	24,92	0,40	4,5
16344	34	4,3	11,5	8,1	4,20	2,05	25,30	0,35	4,3
16345	39	4,4	12,0	8,2	2,42	1,56	19,06	0,25	3,1
16346	30	4,5	11,3	8,2	2,83	1,68	20,44	0,31	3,7
16347	30	7,0	13,1	9,3	3,05	1,75	18,84	0,32	3,4
16348	30	4,4	14,5	10,1	4,65	2,16	21,44	0,39	3,9
16349	28	6,7	10,6	8,9	0,73	0,85	9,61	0,16	1,8
16350	40	4,7	11,2	8,2	3,50	1,87	22,87	0,30	3,6
Средние по группе		5,0	11,2	8,2	4,26	2,06	25,13	0,09	1,1
ЖЕЛТОПЛОДНЫЕ ТОМАТЫ									
16412	38	5,2	10,7	7,7	1,76	1,33	17,25	0,22	2,8
16413	41	4,5	12,6	8,2	3,01	1,73	21,29	0,27	3,3
16414	30	5,4	10,9	8,4	2,52	1,59	18,83	0,29	3,4
16415	31	5,2	10,0	7,9	1,86	1,36	17,29	0,24	3,1
16416	15	4,0	16,4	9,7	9,58	3,10	31,78	0,80	8,2
16417	39	6,8	15,4	9,2	2,64	1,62	17,66	0,26	2,8
16418	40	4,6	12,8	8,0	4,07	2,02	25,15	0,32	4,0
16419	32	6,6	11,8	8,8	1,53	1,24	14,01	0,22	2,5
16420	38	8,2	14,3	10,1	2,37	1,54	15,27	0,25	2,5
16421	20	7,0	13,2	9,7	2,01	1,42	14,69	0,32	3,3
16422	40	8,3	13,4	9,8	1,25	1,12	11,36	0,18	1,8
16423	40	7,0	11,3	8,7	1,92	1,39	15,98	0,22	2,5
Средние по группе		6,1	12,7	8,8	3,11	1,76	20,09	0,09	1,0
РОЗОВОПЛОДНЫЕ ТОМАТЫ									
16459	29	4,0	6,8	5,9	0,58	0,76	12,91	0,14	2,4
16460	27	6,0	11,3	8,0	2,07	1,44	17,98	0,28	3,5
16461	29	7,4	10,4	8,8	0,45	0,67	7,62	0,12	1,4
16462	25	6,4	7,4	7,2	0,16	0,40	5,56	0,08	1,1
16463	15	6,2	8,4	7,2	0,36	0,60	8,33	0,15	2,2
16464	30	5,2	7,4	6,2	0,33	0,57	9,27	0,1	1,7
16465	22	6,0	9,5	7,3	0,69	0,83	11,38	0,18	2,4
Средние по группе		5,9	8,7	7,2	1,62	1,27	17,68	0,1	1,3
КОРИЧНЕВОПЛОДНЫЕ ТОМАТЫ									
16480	30	6,6	11,3	8,7	1,44	1,20	13,79	0,22	2,5
16481	30	7,1	10,4	8,8	0,89	0,94	10,72	0,17	2,0
16482	30	7,0	11,8	9,0	1,38	1,17	13,05	0,21	2,4
16483	29	6,7	10,1	8,7	0,75	0,87	9,95	0,16	1,8
16484	29	5,0	11,4	7,3	1,80	1,34	18,38	0,25	3,4
16485	28	7,1	11,7	9,1	1,16	1,08	11,84	0,20	2,2
16486	30	5,1	8,4	6,2	0,72	0,85	13,69	0,15	2,5
16487	30	5,5	10,6	8,0	1,27	1,13	14,09	0,21	2,6
Средние по группе		6,3	10,7	8,2	2,06	1,44	17,44	0,09	1,1
ФИОЛЕТОВОПЛОДНЫЕ ТОМАТЫ									
16505	29	6,2	12,6	9,4	3,21	1,79	19,06	0,33	3,5
16506	29	6,9	9,1	7,8	0,46	0,68	8,70	0,13	1,6
Средние по группе		6,5	10,9	8,6	2,51	1,58	18,40	0,21	2,4

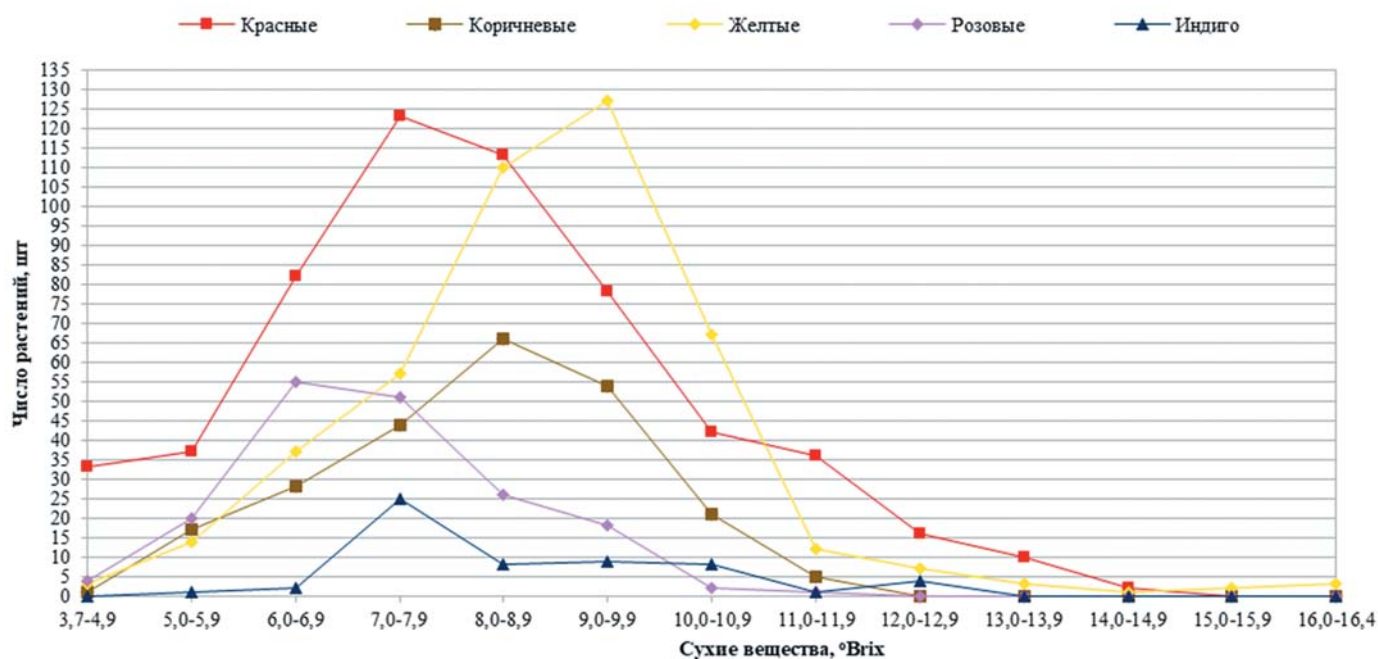


Рис. 2. Вариационные ряды признака «Содержание сухих растворимых веществ в плодах томата», представленные для селекционных образцов вишневидного томата пяти цветковых групп

Fig. 2. Variation series of the trait "Content of dry soluble substances in tomato fruits", presented for breeding samples of cherry tomato of five color groups

критериями Фишера. Так расчетные значения для каждой изучаемой цветовой группы принимали следующие значения: красноплодные – 21,16; желтоплодные – 9,06; розовоплодные – 41,85; коричневоплодные – 25,77; фиолетовоплодные – 20,23, что значительно превышало табличные данные и позволяет подтвердить вышепредставленное заключение о высокой значимости генотипической вариации в общей дисперсии.

К дальнейшей работе следует привлекать селекционные образцы, сочетающие высокие значения содержания сухого растворимого вещества при высокой стабильности проявления признака. Также следует учитывать значения относительной ошибки выборочной средней (S_x , %). Так для большинства образцов оно соответствовало высокой (2-3%) и удовлетворительной (3-5%) точности. Низкая точность (более 5%) наблюдалась у следующих селекционных образцах: № 16336 (6,9%) и № 16416 (8,2%), что говорит нам о недостаточности выборки, чтобы утверждать о достоверности полученных средних значений.

На рис. 2 представлены вариационные ряды для всех рассматриваемых цветковых групп вишневидного томата.

На основании представленных на рисунке 1 кривых распределения вариант, можно обозначить следующее: красноплодные – наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 7,0-7,9 (123 растения), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$ составила 222 растения (50,12%); желтоплодные – наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 9,0-9,9 (127 растений), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$ составила 184 растения (32,16%); розовоплодные – наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 6,0-6,9 (55 растений), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$

составила 21 растение (11,86%); коричневоплодные наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 8,0-8,9 (66 растений), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$ составила 80 растений (33,9%); фиолетовоплодные – наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 7,0-7,9 (25 растений), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$ составила 22 растения (37,93%); зеленоплодные – наибольшее количество растений имели значения $^{\circ}\text{Brix}$ в диапазоне 7,0-7,9 (8 растений), общая доля растений с $^{\circ}\text{Brix}$ выше 9,0 $^{\circ}\text{Br}$ составила 20 растений (41,66%).

Дальнейшая работа включала направленный отбор растений томата, обладающих высокими значениями сухого растворимого вещества и отвечающих заданной модели гибрида по комплексу хозяйственно значимых признаков.

Выводы

1. На основании результатов по анализу содержания сухого вещества в плодах изучаемых селекционных образцов вишневидного томата, для дальнейшей работы нами были отобраны растения с различной окраской плода, демонстрирующие наибольшие значения исследуемого признака. Так был проведен отбор внутри следующих селекционных образцов: красноплодные – образец № 16348 (14,5 oBr) при среднем значении признака, составляющем 10,1 oBr и коэффициенте вариации на уровне 21,4%; желтоплодные – образец № 16416 (16,4 oBr) при среднем значении признака равного 9,7 oBr и высоком коэффициенте вариации равного 31,8%; розовоплодные – образец № 16460 (11,3 $^{\circ}\text{Br}$) при среднем значении признака, составляющего 8,0 oBr и коэффициенте вариации в 18,0%; коричневоплодные – образец № 16482 (11,8 $^{\circ}\text{Br}$) при среднем значении признака, равного 9,0 $^{\circ}\text{Br}$

и варибельности признака на уровне 13,0%; фиолетовоплодные – образец № 16505 (12,6 °Br)) при среднем значении признака на уровне 9,4 °Br) и коэффициенте вариации на уровне 19,1%.

2. Установлено, что наибольшей варибельностью признака «содержание сухих растворимых веществ в плодах» обладает красноплодная группа вишневидных томатов и составляет 25,1%, при варьировании коэффициентов вариации в селекционных образцах от 9,6 до 30,7%. Наиболее стабильными в проявлении изучаемого признака оказались коричневоплодная (17,4%) и розовоплодная (17,7%) группы, при варьировании коэффициентов вариации от 9,9 до 18,4% и от 5,6 до 18,0% соответственно.

Отвечая современным запросам производителей и анализируя составленные вариационные ряды, была оценена доля селекционного материала в каждой группе, пригодных для дальнейшей работы. Так для красноплодных – общая доля растений с °Br_{ix} выше 9,0 °Br составила 222 растения (50,12%); желтоплодные – общая доля растений с °Br_{ix} выше 9,0 °Br составила 184 растения (32,16%); розовоплодные – общая доля растений с °Br_{ix} выше 9,0 °Br составила 21 растение (11,86%); коричневоплодные – общая доля растений с °Br_{ix} выше 9,0 °Br составила 80 растений (33,9%); фиолетовоплодные – общая доля растений с °Br_{ix} выше 9,0 °Br составила 22 растений (37,93%).

Об авторах:

Сергей Федорович Гавриш – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, председатель совета директоров «ГАВРИШ», gavrish@gavrish.ru

Татьяна Александровна Редичкина – кандидат сельскохозяйственных наук, директор ООО «НИИСОК»

Александр Игоревич Топинский – младший научный сотрудник ООО «НИИСОК», автор для переписки, without.fantasy1@gmail.com

About the Authors:

Sergey F. Gavrish – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Deputy Director for Science of «Scientific Research Institute of Vegetable Breeding» Ltd., gavrish@gavrish.ru

Tatiana A. Redichkina – Cand. Sci. (Agriculture), Director of «Scientific Research Institute of Vegetable Breeding» Ltd

Alexandr I. Topinskiy – Junior Researcher of «Scientific Research Institute of Vegetable Breeding» Ltd., Corresponding Author, without.fantasy1@gmail.com

• Литература / References

1. Ахмедова П.М., Гусейнов Ю.А., Умаханов М.А., Ибрагимов К.М. Урожайность скороспелых сортов томата и влияние температуры воздуха при прохождении основных фаз онтогенеза на урожай плодов. Овощи России. 2016;(1):65-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-65-69> [Akmedova P.M., Guseynov Y.A., Umahanov M.A., Ibragimov K.M. Yields of early ripening tomato varieties and impact of air temperature during main phases of ontogenesis on fruit yield. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(1):65-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-65-69>]
2. Kolotilin I., Koltai H., Tadmor Y., Bar-Or C., Reuveni M., Meir A., Nahon S., Shlomo H., Chen L., Levin I. Transcriptional profiling of high pigment-2dg tomato mutant links early fruit plastid biogenesis with its overproduction of phytonutrients. *Plant Physiol.* 2007;145(2):389–401. <https://doi.org/10.1104/pp.107.102962>
3. Elliott K.J., Butler W.O., Dickinson C.D., Konno Y., Vedvick T.S., Fitzmaurice L., Mirkov T.E. Isolation and characterization of fruit vacuolar invertase genes from two tomato species and temporal differences in mRNA levels during fruit ripening. *Plant Mol. Biol.* 1993;21(3):515–524. <https://doi.org/10.1007/BF00028808>
4. Fridman E., Zamir D. Functional divergence of a syntenic invertase gene family in tomato, potato, and Arabidopsis. *Plant Physiol.* 2003;131(2):603–609. <https://doi.org/10.1104/pp.014431>
5. Qin G., Zhu Z., Wang W., Cai J., Chen Y., Li L., Tian S. Tomato Vacuolar Invertase Inhibitor Mediates Sucrose Metabolism and Influences Fruit Ripening. *Plant Physiol.* 2016;172(3):1596–1611. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01269>
6. Wang F., Smith A.G., Brenner M.L. Isolation and Sequencing of Tomato Fruit Sucrose Synthase cDNA. *Plant Physiol.* 1993;103(4):1463-1464. <https://doi.org/10.1104/pp.103.4.1463>
7. Ito Y., Kitagawa M., Ihashi N., Yabe K., Kimbara J., Yasuda J., Ito H., Inakuma

- T., Hiroi S., Kasumi T. DNA-binding specificity, transcriptional activation potential, and the rin mutation effect for the tomato fruit-ripening regulator RIN. *Plant J.* 2008;55(2):212–223. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2008.03491.x>
8. Vrebalov J., Ruezinsky D., Padmanabhan V., White R., Medrano D., Drake R., Schuch W., Giovannoni J. A MADS-box gene necessary for fruit ripening at the tomato ripening-inhibitor (*rin*) locus. *Science*. 2002;296(5566):343-346. <https://doi.org/10.1126/science.1068181>
9. Caspi N., Levin I., Chamovitz D.A., Reuveni M. A mutation in the tomato DDB1 gene affects cell and chloroplast compartment size and CDT1 transcript. *Plant Signal. & Behav.* 2008;3(9):641–649. <https://doi.org/10.4161/psb.3.9.6413>
10. Mitsuhashi W., Sasaki S., Kanazawa A., Yang Y.Y., Kamiya Y., Toyomasu T. Differential expression of acid invertase genes during seed germination in Arabidopsis thaliana. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2004;68(3):602–608. <https://doi.org/10.1271/bbb.68.602>
11. Chattopadhyay T., Hazra P., Akhtar S., Deepak M., Arnab M., Sheuli R. Skin colour, carotenogenesis and chlorophyll degradation mutant alleles: genetic orchestration behind the fruit colour variation in tomato. *Plant Cell. Repor.* 2021;(40):767–782. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02650-9>
12. Fleming H.K., Myers C.E. Tomato inheritance with special reference to skin and flesh color in the orange variety. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 1937;(35):609–623.
13. Clough J.M., Pattenden G. Naturally occurring poly-cis carotenoids. Stereochemistry of poly-cis lycopene and in congeners in 'Tangerine' tomato fruits. *J. of the Chem. Soc. Chem. Commun.* 1979;(14):616-619. <https://doi.org/10.1039/C39790000616>
14. Ogawa K., Tsuruma K., Tanaka J., Kakino M., Kobayashi S., Shimazawa M., Hara H. The protective effects of bilberry and lingonberry extracts against UV light-induced retinal photoreceptors cell damage *in vitro*. *J. Agric. Food. Chem.* 2013;61(43):10345-10353. <https://doi.org/10.1021/jf402772h>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-11-16>
УДК 635.64:581.175.11:001.8

Е.А. Джос^{1,2*}, М.И. Мамедов¹,
О.Н. Пышная¹, Н.А. Голубкина¹,
О.В. Верба¹, А.А. Матюкина¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Федеральный исследовательский центр "Фундаментальные основы биотехнологии" Российской академии наук Москва, Россия

*Автор для переписки: elenadzhos@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 19-16-00016 и Министерства науки и высшего образования РФ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Джос Е.А., Мамедов М.И., Пышная О.Н., Голубкина Н.А., Верба О.В., Матюкина А.А. Сравнительный анализ содержания антоцианов в различных образцах томата в связи с селекцией. *Овощи России*. 2022;(6):11-16. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-11-16>

Поступила в редакцию: 26.09.2022

Принята к печати: 27.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Elena A. Dzhos^{1,2*}, Mubaris I. Mamedov¹,
Olga N. Pyshnaya¹, Nadezhda A. Golubkina¹,
Olga V. Verba¹, Anna A. Matyukina¹

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

² Federal Research Center Fundamentals of Biotechnology, Russian Academy of Sciences Moscow, Russia

*Correspondence Author: elenadzhos@mail.ru

Funding. The work was supported by the Russian Science Foundation (grant 19-16-00016) and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Dzhos E.A., Mamedov M.I., Pyshnaya O.N., Golubkina N.A., Verba O.V., Matyukina A.A. Comparative analysis of anthocyanin content in various tomato samples in connection with breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-11-16>

Received: 26.09.2022

Accepted for publication: 27.10.2022

Published: 02.12.2022

Сравнительный анализ содержания антоцианов в различных образцах томата в связи с селекцией



Резюме

Актуальность. Антоциановые пигменты могут синтезироваться в стебле, листьях, чашечке, кожуре и мякоти плодов томата. Эти соединения защищают фотосинтетический аппарат растения, нейтрализуют свободные радикалы, повышают эффективность усвоения фосфора и азота, обладают осморегулирующей функцией, антимикробной активностью, повышают уровень адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды. Кроме того, антоцианы, поступающие с растительной пищей, играют важную роль в профилактике сахарного диабета II типа, нейродегенеративных процессах, сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний. Поэтому выращивание томатов с антоциановой окраской плодов является перспективным направлением для отрасли овощеводства России. Овощная продукция, содержащая антиоксидантные вещества, относится к функциональным продуктам и отвечает концепции здорового питания. У томата, как одной из наиболее популярных и наиболее часто употребляемых в пищу овощных культур, повышение содержания антоцианов в плодах путем селекции является актуальным направлением.

Материал и методы. В работе изучены селекционные образцы ФГБНУ ФНЦО: Л-Сh-365, Л-IR-2080, Л-Земба, гибридная комбинация F₁ Земба x Л-Сh-365, сорт сибирского ботанического сада Bosare blue. Целью наших исследований являлось определение количественного состава фенольных соединений – антоцианов в различных образцах томата, и на их основе определение задач селекции по повышению содержания фенольных соединений.

Результаты. В результате проведенных исследований изучено количественное содержание антоцианов в плодах различных образцов томата, от которого зависит диетическое и лечебное качество плодов. Получены источники высокого содержания антоцианов (Л-Земба, Л-IR-2080), что позволит вести направленную селекционную работу на высокое содержание фенольных соединений. Показано, что антоциановые образцы томата могут быть богаты каротиноидами, что дает возможность создавать новые сорта и гибриды с высоким содержанием водо- и жирорастворимых антиоксидантов. Выделены перспективные образцы для селекции по комплексу биохимических показателей: Л-Земба, Л-IR-2080, Bosare blue. Показано, что отбор на высокое содержание антоцианов можно проводить на различных этапах созревания плодов (крупный зрелый плод, бланжевый, биологическая спелость), отбирая наиболее насыщенную окраску. Созданный в ФГБНУ ФНЦО сорт томата Земба имеет достаточно высокие показатели содержания антоцианов и рекомендуется для выращивания в производстве.

Ключевые слова: томат, антоциан, биохимические показатели, исходный материал, окраска плодов

Comparative analysis of anthocyanin content in various tomato samples in connection with breeding

Abstract

Relevance. Anthocyanin pigments can be synthesised in the stem, leaves, calyx, peel and pulp of tomato fruit. These compounds protect the photosynthetic apparatus of the plant, neutralise free radicals, increase the efficiency of phosphorus and nitrogen assimilation, have an osmoregulatory function, antimicrobial activity and increase the level of adaptation to unfavourable environmental conditions. In addition, anthocyanins from plant foods play an important role in the prevention of type II diabetes, neurodegenerative processes, cardiovascular and infectious diseases. Therefore, the cultivation of tomatoes with anthocyanin-coloured fruits is a perspective area for the vegetable industry in Russia. Vegetable products containing antioxidant substances belong to the functional products and conform to the concept of a healthy diet. As one of the most popular and frequently consumed vegetable crops, the anthocyanin content of tomato is advisable to increase in the fruit (peel and pulp).

Material and methods. In this work we studied breeding samples of FSBSI FSVC: L-Ch-365, L-IR-2080, L-Zemba, hybrid combination F₁ Zemba x L-Ch-365, variety of Siberian Botanical Garden Bosare blue. The aim of our research was to determine the quantitative composition of phenolic compounds - anthocyanins in different tomato samples, and on this basis to determine the objectives of breeding to improve the content of phenolic compounds.

Results. As a result of the research, the quantitative content of anthocyanins in fruits of different tomato specimens has been studied, on which the dietary and medicinal quality of the fruits depends. The sources of high content of anthocyanins (L-Zemba, L-IR-2080) have been obtained, which will make possible to conduct directed breeding work for high content of phenolic compounds. It has been shown that anthocyanin-rich tomato samples can be rich in carotenoids, which gives an opportunity to create new varieties and hybrids with high content of water- and fat-soluble antioxidants. Potential samples for breeding according to the complex of biochemical indicators have been identified: L-Zemba, L-IR-2080, Bosare blue. It has been shown that selection for high content of anthocyanins can be performed at various stages of fruit ripening (large ripe fruit, blanchetongue, biological ripeness), selecting the most intense colouring. The Zemba tomato variety developed at FSBSI FSVC has a sufficiently high anthocyanin content and is recommended for cultivation in production.

Keywords: tomato, anthocyanin, biochemical parameters, starting material, fruit coloring

Введение

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) – наиболее популярная и наиболее часто употребляемая в пищу овощная культура. Он является источником биологически активных соединений, включая каротиноиды и полифенолы. Окраска плодов томата обусловлена наличием различных видов пигментов: хлорофиллов, каротиноидов и антоцианов и является одним из важных признаков, используемых в селекции. Традиционно, большинство сортов и гибридов томата имеют красные плоды различных оттенков. Также имеются формы с оранжевыми, желтыми, розовыми, белыми, пестрыми, черными и фиолетовыми плодами. Черная и фиолетовая окраска формируется за счет синтеза антоцианов в результате мутаций каротиноидов биосинтез или расщепление хлорофилла [1]. Антоцианы относятся к флавоноидам – многочисленной группе растительных пигментов фенольной природы. Антоцианы, принадлежащие к семейству флавоноидов, представляют собой группу природных пигментов, представленных более чем 700 различными молекулярными структурами, отвечающие за красно-синюю окраску многих плодов и овощей [2], обладающие сильными антиоксидантными свойствами [3]. Томаты с фиолетовой окраской содержат от 11 до 23 различных видов антоцианов, в том числе 3 антоцианидина (дельфинидин, петунидин и мальвидин), связанные с одними или несколькими молекулами глюкозы, рутинозы, п-кумаровой и кофейной кислот [4,5,6].

У томата антоцианы могут обуславливать окраску кожуры и мякоти плода, соцветий, чашелистиков, плодоножки, листьев и стеблей (от слабой до очень интенсивной). Окраска частей растения (лист, стебель) заслуживает особого внимания, поскольку это адаптивные признаки. Так, антоцианы участвуют в защите фотосинтетического аппарата и цитоплазматической мембраны клетки, нейтрализуют свободные радикалы, предохраняя от их неблагоприятного воздействия, повышают эффективность усвоения фосфора и азота, позволяют растениям приспособиться к неблагоприятным условиям — избыточному УФ-излучению, засухе, экстремальным температурам [7].

Многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo* предполагают, что антоцианы обладают свойствами, способствующими укреплению здоровья и могут играть важную роль в снижении хронических и дегенеративных заболеваний [8,9].

Известно, что антоцианы, поступающие с растительной пищей, могут предупреждать сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет II типа, артрит, ожирение, патологии зрения, различные виды рака, обладают противовоспалительным действием [10,11,12]. Эти соединения обладают обширной биологической активностью, способны проникать в мозг и модулировать его функции. При нейродегенеративных процессах антоцианы способствуют выживаемости нейронов. Механизмы нейропротекторного действия антоцианов связаны с их антиоксидантной, противовоспалительной, антиоксидантной и антиапоптотической активностью. Способность антоцианов воздействовать сразу на множество терапевтических мишеней делает их полезными для профилактики и лечения начальных стадий нейродегенеративных заболеваний [13].

Имеются сведения, что сорта томата с высоким содержанием антоцианов в плодах дольше хранятся и меньше поражаются серой гнилью (*Botrytis cinerea*) [14,15].

Изучение окраски у растений представляет интерес и в силу влияния пигментных соединений на вкусовые каче-

ства употребляемых растительных продуктов. Важной особенностью таких образцов является сочетание содержания в плодах гидрофильных антоцианов и липофильных каротиноидов (γ -, β -каротин, ликопин, фитон, неуроспорин, неоликопин), что увеличивает их антиоксидантную активность.

А в связи с развитием производства продуктов функционального действия, обеспечивающих доступность потребителя ценными биологически активными нутриентами, селекция на создание сортов и гибридов с антоциановой окраской плодов является актуальной задачей.

Цель наших исследований: определение количественного состава фенольных соединений – антоцианов в различных образцах томата, и на их основе определение задач селекции по повышению содержания фенольных соединений.

Материал и методы

В работе изучены селекционные образцы ФГБНУ ФНЦО: Л-Ch-365, Л-IR-2080, Л-Земба, гибридная комбинация F₁ Земба x Л-Ch-365, сорт сибирского ботанического сада Bosare blue. Растения томата выращивали в условиях пленочных необогреваемых теплиц. Агротехника общепринятая. Окраску плодов определяли по шкале Бондарцева [16]. Для биохимического анализа использовали образцы, визуально различающиеся по интенсивности фиолетовой окраски. Плоды собирали с одного яруса растений в фазе технической и биологической спелости. Методы определения биохимических показателей:

Содержание сухого вещества

Содержание сухого вещества определяли гравиметрически после высушивания образцов при 50°C до постоянной массы [17].

Аскорбиновая кислота

Содержание аскорбиновой кислоты устанавливали методом визуального титрования 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактивом Тиллманса) [18].

Полифенолы

Содержание полифенолов определяли спектрофотометрически с помощью реактива Фолина-Чиокалтеу [18]. 1 г гомогената томатов экстрагировали в течение часа при 80°C 20 мл 70% этанола. Раствор охлаждали до комнатной температуры, переносили количественно в 25 мл мерную колбу и доводили до метки 70% спиртом. Полученный экстракт перемешивали и фильтровали через складчатый фильтр. В мерную колбу на 25 мл добавляли 1 мл экстракта, 2,5 мл насыщенного раствора карбоната натрия Na₂CO₃ и 0,25 мл разбавленного вдвое дистиллированной водой реактива Фолина-Чиокалтеу. Полученную смесь после интенсивного перемешивания доводили до метки дистиллированной водой. Через час после окончания реакции измеряли показатель поглощения раствора при 730 нм на спектрофотометре Unico 2804 UV (США). Содержание полифенолов рассчитывали по стандартной кривой, полученной с использованием 6 растворов галловой кислоты (Sigma) в интервале концентрации 0-90 мкг/мл. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

Антиоксидантная активность (АОА)

Для определения антиоксидантной активности использовали колориметрический метод [17], основанный на титровании раствора 0.01 N KMnO₄ в кислой среде этанольным экстрактом томатов до обесцвечивания, свиде-

тельствующего о полном восстановлении Mn^{+6} до Mn^{+2} . В качестве внешнего стандарта использовали галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

Нитраты

Уровень нитратов регистрировали в водных экстрактах с применением ион селективного электрода на иономере Эксперт 001 (Эконикс, Россия).

Моносахара

Содержание моносахаров определяли феррицианидным методом [20].

Содержание каротиноидов

Содержание каротиноидов устанавливали спектрофотометрически [18]. Полграмма гомогената томатов экстрагировали в фарфоровой ступке ацетоном (3х1.3 мл). К объединенному экстракту добавляли 9 мл гексана и полученный раствор промывали дистиллированной водой до полного удаления запаха ацетона (4х30 мл). Гексановый экстракт переносили количественно в пикнометр на 10 мл и доводили до метки гексаном. Раствор фильтровали через слой безводного сульфата натрия и использовали для хроматографического разделения каротиноидов на хроматографической бумаге Ватман 3А в системе гексан-ацетон, 10:0.5 и элюирования чистых каротиноидов с хроматографической пластинки смесью гексан: ацетон, 3:0.5. Для расчета содержания β -каротина, ликопина и лютеина использовали показатели удельного поглощения: $E1\%1\text{ см}$ для β -каротина (2580 при $\lambda = 450\text{ нм}$), ликопина (3470 при $\lambda = 474\text{ нм}$) и лютеина (2560; $\lambda = 447\text{ нм}$). В качестве внутренних стандартов использовали образцы β -каротина, лютеина и ликопина производства Sigma Inc. (Japan).

Содержание антоцианов

Содержание антоцианов определяли прямым спектрофотометрическим методом по величине поглощения при 550 нм экстракта образцов в 1% HCl [18]. Один грамм гомогената кожуры томатов растирали в фарфоровой ступке с 10 мл 1% соляной кислоты. Полученную смесь фильтровали через складчатый фильтр и определяли величину поглощения полученного раствора при 550 нм. Содержание суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляли по формуле

$$X = (D_{510} \times V \times 100) : 453 m,$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора;

V – общий,

453 — удельный показатель поглощения цианидин-3,5-дигликозида в 1% растворе соляной кислоты;

m — масса сырья в граммах.

В селекционной работе руководствовались методическими рекомендациями по селекции томата (1986) [20]. Сахаро-кислотный индекс плодов определяли отношением сахара к кислоте. Гармоничное сочетание сахаров и кислоты обуславливает вкус и качество плодов томата. Оптимальное отношение сахара и кислоты (сахарокислотный индекс) должно находиться в пределах 6-8 единиц [21]. Дегустационная комиссия оценивала плоды по 5 бальной шкале.

Статистика

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием статистической программы Excel

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ литературных данных показывает, что на протяжении многих лет имеется интерес к селекции томата на повышенное содержание антоцианов. Проводится она во многих странах мира различными методами. В США селекционер Джим Майерс с коллегами использовали межвидовые гибриды между *Solanum chilense* и *S. cheesmaniae*, добившись резкого увеличения экспрессии пигмента. Результатом этой работы стало создание сорта Индиго Роуз, который содержит от 10 до 30 мг антоцианов на 100 г свежих плодов. В настоящее время в Соединенных Штатах имеется более 20 коммерческих сортов с фиолетовой окраской плодов, большинство из которых выведены из оригинальных линий, созданных Майерсом [23]. Для получения сортов и гибридов томата с фиолетовой окраской плодов использовались и трансгенные подходы для модификации биосинтеза фенилпропаноидов [24]. Для повышения уровня флавоноидов в плодах экспрессировали гены факторов транскрипции кукурузы LC и C1 в плодах генетически модифицированных растений томата, что способствовало их накоплению в мякоти плодов, где обычно не продуцируются флавоноиды [25]. Также экспрессировали два фактора транскрипции из львиного зева в томат, плоды растений накапливали антоцианы на уровнях сопоставимых с уровнями антоцианов, обнаруженными в ежевике и чернике [25]. Однако, несмотря на значительный успех в увеличении содержания флавоноидов путем трансгеноза, последние 15 лет наблюдается растущий интерес к селекции томата с высоким содержанием флавоноидов без ГМО [27].

В ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» селекция томата на повышенное содержание антоцианов в плодах проводится классическими традиционными методами. При создании нового сорта учитываются потребности рынка, которые реализуются в виде селекционных моделей создаваемых сортов и гибридов. В данной селекционной программе стоит задача создания гибридов томата с высоким содержанием антоцианов.

Биохимический состав плодов томата зависит от многих факторов: условий выращивания, агротехники, степени зрелости плодов, но основным фактором является генотип. Проведенные исследования показывают, что между изучаемыми образцами томата имеются значительные различия, как по морфологическим признакам, так и по биохимическим показателям (табл. 1, 2). Растения различались по габитусу, антоциановой окраске листа, венчика соцветия, плодоножки и плода. Ткани стебля и листа у образцов с антоциановыми плодами имели более темную окраску по сравнению с образцами красноокрашенными. При проведении опытов было отмечено, что плоды томата достаточно быстро синтезируют антоцианы под действием света, что подтверждается их интенсивной окраской как в бланжевой (технической) спелости, так и при полном созревании. Антоцианин отсутствовал в областях, затененных чашечкой, наиболее интенсивная окраска была в коже и околоплодниковых тканях под ней. Внутренняя часть плода не содержала видимого антоцианина.

Таблица 1. Тип растения и присутствие антоциановой окраски на частях растения (2021-2022 годы)
Table 1. The type of plant and the presence of anthocyanin coloration on parts of the plant (2021-2022)

Образец	Растение	Окраска					
		лист	чашечка	кожуры плода		мякоти плода	
				бланжевая спелость	биологическая спелость	бланжевая спелость	биологическая спелость
Земба	индетерминантное, стебель с антоцианом	тёмно-зелёный с сильным антоцианом	средний антоциан	насыщенно фиолетовая с желтизной	фиолетово-красная	желтовато-зеленоватая	красно-коричневая
Л-Ch-365	индетерминантное, стебель с антоцианом	тёмно-зелёный с сильным антоцианом	средний антоциан	фиолетовая	фиолетово-красная	желтовато-зеленоватая	темно-красная
F ₁ Земба х Л-Ch-365	индетерм., стебель с антоцианом	тёмно-зелёный с сильным антоцианом	средний антоциан	темно фиолетовая	фиолетово-красная	желтовато-зеленоватая	темно-красная
Л-IR-2080	индетерминантное, стебель с небольшим антоцианом	тёмно-зелёный с небольшим антоцианом	сильный антоциан	желтовато-фиолетовая	коричнево-красная	желтовато-зеленоватая	розово-коричневая
Bosare blue	индетерминантное, стебель с небольшим антоцианом	зеленый с небольшим антоцианом	слабый антоциан	фиолетово-сиреневая	фиолетово-красная	желтовато-зеленоватая	розово-коричневая

Все изучаемые образцы различались по содержанию антоцианов в кожуре плода, общее их накопление регистрировалось в пределах 6,1-16,3 мг/100 г. Наибольшее содержание антоциана отмечено у Л-Земба (16,3), так как отбор по интенсивности окраски плодов проводился на протяжении 5 лет. У гибрида с участием этой линии F₁ Земба х Л-Ch-365 (15,1) также отмечено высокое содержание антоцианов, что свидетельствует о перспективности селекции на данный признак. В целом, несмотря на известные значительные вариации в накоплении антоцианов черными томатами, результаты настоящего исследования находятся в хорошем соответствии с известными литературными данными [14, 28]. Генетические особенности биосинтеза антоцианов в плодах томата являются темой отдельного исследования. У изученного материала выявлена фенотипическая зависимость между окраской плодов и содержанием антоцианов в кожуре, что можно

использовать при селекционном отборе. Важной особенностью таких плодов является сочетание в них наряду с антоцианами липофильных каротиноидов (β -каротин, ликопин и др.), что существенно усиливает эффективность их совместной антиоксидантной активности. Более высокое содержание ликопина отмечено у образцов с менее интенсивной окраской плода: Л-IR-2080 (11,6 мг/г) и Bosare blue (9,0 мг/г), у этих образцов и наибольшая сумма каротиноидов. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах не зависело от интенсивности антоциановой окраски плода. Наиболее высокое содержание отмечено в образцах Bosare blue, Л-IR-2080. Все биохимические показатели по содержанию биологически активных веществ влияют на общую антиоксидантную способность. Наиболее высокая общая антиоксидантная активность отмечена у сорта Bosare blue (1,5 мг-экв ГК/г с.м.) и гибридной комбинации F₁ Земба х Л-Ch-365 (1,47 мг-экв ГК/г с.м.)

Таблица 2. Биохимические показатели изучаемых образцов
Table 2. Biochemical parameters of the studied samples

Показатели	Л-Земба	Л-Ch- 365	F ₁ Земба х Л-Ch-365	Л-IR-2080	Bosare blue
Сухое вещество, %	9,6±0,1ab	6,0±0,6c	8,15±0,8b	9,7±0,9 ab	11,0±1,1a
Антоцианы, мг/100 г	16,3±1,6a	10,3±1,0b	15,1±1,5a	13,5±1,4a	6,1±0,6c
Нитраты, мг/кг	153±15a	105±10b	135±14a	70±7c	154±15a
Сахара, %	4,9±0,5b	2,5±0,2c	4,2±0,4b	4,9±0,5b	6,2±0,6a
АОА*	1,38±0,1b	1,07±0,1c	1,47±0,1ab	1,34±0,1b	1,50±0,2a
ТР*	1,31±0,1a	0,85±0,1b	1,22±0,1a	1,23±0,1a	1,36±0,1a
АК**	31,6±3,2b	22,6±2,3c	30,1±3,0b	35,8±3,6ab	39,9±4,0a
β -каротин***	0,52±0,05bc	0,56±0,05bc	0,46±0,05c	0,74±0,07a	0,50±0,05b
Ликопин***	4,6±0,5d	5,4±0,5d	7,1±0,7c	11,6±1,2a	9,0±0,9b
Лютеин***	1,7±0,2ab	2,0±0,2a	1,9±0,2a	1,6±0,2b	1,5±0,1b
Сумма каротиноидов	6,82±0,7d	7,96±0,8cd	9,46±0,9c	13,94±1,4a	11,00±1,1b

*мг-экв ГК/г с.м., ** мг/100 г сырой массы*** мг/г

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

Таблица 3. Изменение содержания антоцианов в процессе созревания плодов
Table 3. Changes in the content of anthocyanins during fruit ripening

Сортообразец / стадия созревания	Линия L-IR			Земба		
	крупный сформированный плод	бланжевый	биологическая спелость	крупный сформированный плод	бланжевый	биологическая спелость
Окраска плода	темно-фиолетовая	желтовато-фиолетовая	коричнево-красная	зеленовато-фиолетовая	насыщенно фиолетовая с желтизной	фиолетово-красная
Антоцианы, мг/100 г	9,24±0,9b	6,30±0,6c	8,54±0,8b	5,96±0,6c	11,47±1,1a	10,26±1,0ab
Антоцианы, мг/100 г сухого вещества	88±8,8b	64,3±6,4c	90,8±9,0ab	54,2±5,4c	107,2±10,7a	95,0±9,5ab

Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

Учитывая важность признака антоциановой окраски плодов необходимо провести поиск возможных взаимосвязей чтобы на ранних этапах онтогенеза провести селекционные отборы на повышенное содержание пигментных веществ фенольной природы.

Учитывая тот факт, что сорта с антоциановой окраской в основном выращиваются в защищенном грунте, где сбор плодов чаще проводят в стадии крупного зеленого или бланжевого плода для лучшего хранения и транспортировки, изучение изменения содержания биологически активных веществ, в том числе и антоцианов, на разных стадиях формирования и созревания плодов важно при селекции. А поиск источников и создание исходного материала с высокими показателями антоцианов на разных стадиях созревания от зеленого, бланжевого до биологической спелости имеет важное значение для селекции. Для решения этой задачи в нашей работе проведено изучение содержания антоцианов в динамике от формирования крупного плода до полного созревания. Полученные результаты свидетельствуют, что отбор на высокое содержание можно проводить на различных этапах созревания плодов, отбирая наиболее насыщенную окраску (табл.3). А сбор плодов в тепличных комбинатах в стадии крупного сформированного или бланжевого плода не снизит качество полученной продукции, так как содержание антоцианов на данных стадиях развития находилось в пределах ошибки опыта или несколько отличалось от показателей биологической спелости. Созданный в ФНЦО сорт Земба имел достаточно высокие показатели содержания антоцианов.

Для оценки вкусовых качеств плодов, на основании результатов анализа, были рассчитаны сахаро-кислотные индексы,

а также проведена дегустационная оценка плодов изучаемых образцов (табл.4). Сахаро-кислотный индекс плодов определяли отношением сахара к кислоте. Дегустационная комиссия оценивала плоды по 5 бальной шкале.

По результатам анализа и органолептической оценки лучшими вкусовыми качествами обладали образцы: Bosare blue, Л-Земба. Их можно рекомендовать для использования в качестве исходного материала для селекции.



Рис. 1. Сорт томата Земба
Fig. 1. Tomato variety Zemba

Заключение

В результате проведенных исследований изучено количественное содержание антоцианов в плодах различных образцов томата, от которого зависит диетическое и лечебное качество плодов. Определены источники высокого содержания антоцианов (Л-Земба, Л-IR-2080), что позволит вести направленную селекционную работу на высокое содержание фенольных соединений. Показано, что антоциановые образцы томата могут быть богаты каротиноидами, что дает возможность создавать новые сорта и гибриды с высоким содержанием водо- и жирорастворимых антиоксидантов. Выделены перспективные образцы для селекции по комплексу биохимических показателей: Л-Земба, Л-IR-2080, Bosare blue.

Таблица 4. Сахаро-кислотный индекс и дегустационная оценка плодов томата
Table 4. Sugar-acid index and tasting evaluation of tomato fruits

Сортообразец	Сахаро-кислотный индекс	Дегустационная оценка
Л-Земба	8,8	4,8
Л-Ch- 365	7,2	4,5
F1 Земба x Л-Ch-365	7,5	4,6
Л-IR-2080	8,5	4,6
Bosare blue	9,1	5,0

Об авторах:

Елена Алексеевна Джос – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства пасленовых культур, автор для переписки, elenadzhos@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2216-0094>

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

Мубариз Иса оглы Мамедов – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник

Надежда Александровна Голубкина – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Ольга Владимировна Верба – кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, verbaov@mail.ru

Анна Алексеевна Матюкина – научный сотрудник

About the Authors:

Elena A. Dzhos – Cand. Sci. (Agriculture), Correspondence Author, elenadzhos@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2216-0094>

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

Mubaris I. Mamedov – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Scientific Officer

Nadezhda A. Golubkina – Doc. Sci. (Agriculture), leading researcher of laboratory-analytical department, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Olga V. Verba – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, verbaov@mail.ru

Anna A. Matyukina – Senior Researcher

• Литература / References

- Mes P.J., Boches P., Myers J.R., Durst R. Characterization of tomatoes expressing anthocyanins in the fruit. *J Am Soc Hort Sci.* 2008;(133):262–9. DOI: 10.21273/JASHS.133.2.262.
- Andersen M., Jordheim M. Basic anthocyanin chemistry and dietary sources. In: Wallace TC, Giusti M.M, editors. *Anthocyanins in Health and Disease*. Boca Raton, FL: CRC Press; Taylor & Francis Group. 2014. p. 13–90. DOI: 10.1201/b15554-3.
- Wu X. Antioxidant activities of anthocyanins. In: Wallace TC, Giusti MM, editors. *Anthocyanins in Health and Disease*. Boca Raton, FL: CRC Press; Taylor & Francis Group. 2014. p. 141–64. DOI: 10.1201/b15554-6.
- Ooe E., Ogawa K., Horiuchi T., et al. Analysis and characterization of anthocyanins and carotenoids in Japanese blue tomato. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2016;80(2):341–349. DOI: 10.1080/09168451.2015.1091715.
- Wang Y., Luo Z., Lu C., et al. Transcriptome profiles reveal new regulatory factors of anthocyanin accumulation in a novel purple-colored cherry tomato cultivar Jinling Moyu. *Plant Growth Regulation.* 2019;87(1):9–18. DOI: 10.1007/s10725-018-0444-y.
- Jones C.M., Mes P., Myers J.R. Characterization and inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) tomato. *J. Hered.* 2003;94(6):449–456. DOI: 10.1093/jhered/esg093.
- Khlestkina E. The adaptive role of flavonoids: emphasis on cereals. *Cereal Res. Commun.* 2013;41(2):185–198. DOI: 10.1556/CRC.2013.0004.
- Achterfeldt S., Traka M., Martin C., Vauzour D., and Kroon P. A. Do anthocyanins in purple tomatoes reduce the risk of cardiovascular disease? *Proc. Nutr. Soc.* 2015;(74):E85. DOI: 10.1017/S0029665115001007.
- Charepalli V., Reddivari L., Radhakrishnan S., Vadde R., Agarwal, R., Vanamala J.K. Anthocyanin-containing purple-fleshed potatoes suppress colon tumorigenesis via elimination of colon cancer stem cells. *J. Nutr. Biochem.* 2015;(26):1641–1649. DOI:10.1016/j.jnutbio.2015.08.005.
- Howard B.V., Kritchevsky D., Nutrition Committee. Phytochemicals and cardiovascular disease a statement for healthcare professionals from the American heart association. *Circulation.* 1997;95(11):2591–2593. DOI:10.1161/01.CIR.95.11.2591.
- Sancho R.A.S., Pastore G.M. Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes. *Food Res. Int.* 2012;46(1):378–386.
- Lila M.A. Anthocyanins and human health: an *in vitro* investigative approach. *BioMed Research International.* 2004;2004(5):306–313. DOI:10.1155/S11072430440401X.
- Катасонов А.Б. Антоцианы для профилактики и лечения нейродегенеративных заболеваний. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2022;122(4):16–22. DOI: 10.17116/jnevro202212204116. [Katasonov A.B. Anthocyanins for the prevention and treatment of neurodegenerative diseases. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. Zhurnal neurologii i psikhatrii imeni S.S. Korsakova. 2022;122(4):16–22. (In Russ.). DOI:10.17116/jnevro202212204116].
- Bassolino L., Zhang Y., Schoonbeek H.J., et al. Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. *New Phytologist.* 2013;200(3):650–655. DOI: 10.1111/nph.12524
- Zhang Y., Butelli E., De Stefano R., et al. Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Curr. Biol.* 2013;23(12):1094–1100. DOI: 10.1016/j.cub.2013.04.072.
- Бондарцев А.С. Шкала цветов. Пособие для биологов при научных и прикладных исследованиях. Издательство Академии наук СССР. 1954. 29 с. [Bondartsev A.S. Scale of colors. Handbook for biologists in scientific and applied research. Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1954. P 29. (In Russ.).]
- ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт «Корма. Методы определения содержания сухого вещества». ["Feeds. Methods for determination of dry matter content". (In Russ.).]
- Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надеждин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., Инфра-М. 2020. [Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Antioxidants of plants and methods of their determination. M., Infra-M. 2020. (In Russ.).]
- Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods of Enzymology.* 1987;(148):350–382. doi:10.1016/0076-6879(87)48036-1
- Кидин В.В. Практикум по агрохимии, М. Колос 2012. [Kidin V.V. Workshop on agrochemistry, M. Kolos 2012. (In Russ.).]
- Кондратьева И.Ю. Частная селекция томата: детерминантные формы томата (*Lycopersicon esculentum* L. var. *vulgare* Brezh., var. *validum* Brezh.) для открытого грунта. ГНУ "Всероссийский науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур" Российской акад. с.-х. наук. Москва. Изд-во ВНИИССОК. 2010; ISBN 978-5-901695-38-8. EDN QLBHTZ. [Kondratieva I.Y. Private tomato breeding: determinant forms of tomato (*Lycopersicon esculentum* L. var. *vulgare* Brezh., var. *validum* Brezh.) for open ground. GNU "All-Russian Scientific research Institute of Breeding and seed production of vegetable crops" of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Moscow. VNIIS-SOK. 2010; ISBN 978-5-901695-38-8. EDN QLBHTZ. (In Russ.).]
- Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. Москва. 1986. [Methodological guidelines for the selection of tomato varieties and hybrids for open and protected ground. Moscow. 1986. (In Russ.).]
- Gruber K. Agrobiodiversity: The living library. *Nature.* 2017;544(7651):S8–S10.
- Su X., Xu, J., Rhodes, D., et al. Identification and quantification of anthocyanins in transgenic purple tomato. *Food Chemistry.* 2016;(202):184–188. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.01.128.
- Bovy A.G., de Vos R., Kemper M., Schijlen EGWM, Almenar Pertejo M, Muir S, et al. High flavonol tomatoes resulting from the heterologous expression of the maize transcription factor genes LC and C1. *Plant Cell.* 2002;(14):2509–26. doi: 10.1105/tpc.004218.
- Butelli E., Titta L., Giorgio M., Mock H-P, Matros A., Peterek S., et al. Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nature Biotechnol.* 2008;(26):1301–8. doi: 10.1038/nbt.1506.
- Willits M.G., Kramer C.M., Prata RTN, De Luca V., Potter B.G., Steffens J.C., et al. Utilization of the genetic resources of wild species to create a nontransgenic high flavonoid tomato. *J Agric Food Chem.* 2005;(53):1231–6. doi: 10.1021/jf049355i.
- Blando F., Berland H., Maiorano G., Durante M., Mazzucato A., Picarella M.E., Nicoletti I., Gerardi C., Mita G. and Andersen Ø.M. Nutraceutical Characterization of Anthocyanin-Rich Fruits Produced by "Sun Black" Tomato Line. *Front.Nutr.* 2019;(6):133.doi:10.3389/fnut.2019.00133.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-17-23>
УДК 635.713:(581.4+581.543)

А.Б. Курина

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

*Адрес для переписки: nasty_a_n11@mail.ru

Благодарности. Работа выполнена в соответствии с темой государственного задания №0481-2022-0003 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: эффективные пути выявления эколого-генетических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала».

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Курина А.Б. Разнообразие образцов базилика (*Ocimum basilicum* L.) коллекции ВИР по морфологическим и фенологическим признакам. *Овощи России*. 2022;(6):17-23. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-17-23>

Поступила в редакцию: 14.10.2022

Принята к печати: 24.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Anastasia B. Kurina

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

*Correspondence: nasty_a_n11@mail.ru

Acknowledgments. The work was prepared in accordance with the topic of the state assignment №0481-2022-0003 «World resources of vegetable and cucurbit crops of the VIR collection: effective ways to reveal the ecological and genetic patterns of diversity formation and the use of breeding potential».

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

For citations: Kurina A.B. Diversity of the VIR basil (*Ocimum basilicum* L.) collection by morphological and phenological features. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):17-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-17-23>

Received: 14.10.2022

Accepted for publication: 24.10.2022

Published: 02.12.2022

Разнообразие образцов базилика (*Ocimum basilicum* L.) коллекции ВИР по морфологическим и фенологическим признакам



Резюме

Актуальность. Базилик является одной из самых популярных трав, выращиваемых в мире. Различные виды и формы *Ocimum* spp. различаются по характеру роста, цвету и ароматическому составу. Коллекция базилика ВИР представлена 452 образцами шести видов из 55 стран. Расширение сортимента базилика, а также выявление конкурентоспособных адаптивных сортов, обладающих высокими хозяйственно ценными признаками, определяет необходимость изучения и выделения перспективных видов и форм *Ocimum* spp. Цель нашего исследования заключалась в сравнительной оценке образцов базилика (*Ocimum basilicum*) коллекции ВИР по морфологическим и фенологическим признакам и выделение образцов, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе при создании новых перспективных сортов.

Материалы и методы. Исследования проводили в ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР) на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2019-2021 годах в условиях открытого грунта. Материал исследования – 66 образцов коллекции базилика ВИР различной агробиологической принадлежности и эколого-географического происхождения. При анализе материала в течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения (посев, всходы, цветение), морфологическое описание растений и определяли биометрические показатели. Данные измерения проводили в фазе массового цветения.

Результаты. В результате проведенного исследования выявлена степень изменчивости основных фенологических и морфологических признаков. Выделены образцы базилика по таким признакам, как скороспелость, высота растения, масса одного растения и холодостойкость, которые возможно использовать в качестве исходного материала для селекционной работы. Изученные образцы сгруппированы в 7 разновидностей двух подвидов (subsp. *basilicum* и subsp. *minimum*): var. *basilicum*, var. *glabratum*, var. *purpurescens*, var. *majus*, var. *difforme*, var. *minimum* и var. *chamaeleonicum*, и дана их характеристика.

Ключевые слова: базилик, коллекция, признаки, разновидность, изменчивость

Diversity of the VIR basil (*Ocimum basilicum* L.) collection by morphological and phenological features

Abstract

Relevance. Basil is one of the most popular aromatic plants grown in the world. Various species and forms of *Ocimum* spp. differ in the nature of growth, color and aromatic composition. The VIR basil collection is represented by 452 accessions of six species from 55 countries. The expansion of the assortment of basil, as well as the identification of competitive adaptive cultivars with high economically valuable traits, determines the need to study and identify promising species and forms of *Ocimum* spp. The purpose of our work was to study accessions of basil (*Ocimum basilicum*) from the VIR collection by morphological and phenological traits and to identify accessions that have a complex of economically valuable traits for further use in the breeding.

Materials and methods. The studies were carried out at the Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) at the VIR Pushkin and Pavlovsk Laboratories in 2019-2021 in open ground conditions. The material of the study was 66 accessions of the VIR basil collection of various agrobiological status and ecological and geographical origin. When analyzing the material, phenological observations, biometric measurements and morphological description of plants were carried out. These measurements were carried out in the phase of mass flowering.

Results. As a result of the study, the degree of variability of the main phenological and morphological features was revealed. Accessions of basil were selected according to such traits as early maturity, plant height, weight of one plant and cold resistance, which can be used as starting material for breeding. The studied accessions are grouped into 7 varieties of two subspecies (subsp. *basilicum* and subsp. *minimum*): var. *basilicum*, var. *glabratum*, var. *purpurescens*, var. *majus*, var. *difforme*, var. *minimum* and var. *chamaeleonicum*, and their characteristics are given.

Keywords: basil, collection, features, variety, variability

Введение

Род *Ocimum* L., принадлежит к семейству *Lamiaceae* Lindl. и включает сильно ароматические и эфирно-масличные растения с пантропическим распространением [1, 2]. По данным World Flora Online, к настоящему времени известно 95 видов *Ocimum* (<http://www.worldfloraonline.org>). Однако лишь несколько видов, таких как *Ocimum basilicum* L., *O. gratissimum* L., *O. tenuiflorum* L., *O. canum* Sims., *O. americanum* L. и *O. kilimandscharicum* Baker ex Gürke, получили большее распространение. Различные виды и формы *Ocimum* spp. различаются по характеру роста, цвету и ароматическому составу, что затрудняет определение истинной ботанической идентичности базилика.

Базилик – одна из самых популярных трав, выращиваемых в мире, произрастает в Азии (Индия, Пакистан, Иран, Таиланд и другие страны), и его можно наблюдать в диком виде в тропических и субтропических регионах.

Базилик нашел широкое применение в различных областях, таких как традиционная медицина, фармацевтика, косметика, нутрицевтика и пищевая промышленность [3, 4, 5]. Наиболее часто используемыми частями растения являются листья и семена. Листья можно использовать для приготовления пищи, производства эфирных масел и в качестве компонента различных напитков. Семена интегрируются в качестве функционального ингредиента в переработку пищевых и непищевых продуктов. Несколько видов рода *Ocimum* обладают широким спектром фармакологического действия, например, противомикробной, противовирусной, противомаларийной активностью *in vitro* и обезболивающей, противовоспалительной, антидиарейной, противодиабетической, противораковой, радиационной защитой, антигиперлипидемической активностью *in vivo* и т. д. [3, 6, 7, 8, 9], тогда как эфирное масло ценится в ароматерапии [10].

Большинство коммерческих сортов базилика, доступных на рынке, относятся к виду *O. basilicum* – к базилику душистому (обыкновенному, огородному или камфорному), – к однолетнему растению, выращиваемому повсеместно.

Существует несколько группировок сортов базилика овощного. R. Mansfeld (1959) [11] делит *O. basilicum* на два подвида: subsp. *basilicum* и subsp. *minimum* (L.) Danert. Один с шестью разновидностями, другой – с двумя. Подвид *basilicum* содержит следующие разновидности: var. *basilicum* – разновидность огородная, var. *pilosum* (Willd.) Benth. – разновидность волосистая, var. *glabratum* Benth. – разновидность голая, var. *purpurescens* Benth. – разновидность пурпуровая, var. *majus* Benth. – разновидность большая, var. *difforme* Benth. – разновидность пузырчатолостная. К subsp. *minimum* отнесены две разновидности – var. *minimum* Alef. (маленькая) и var. *chamaeleonicum* Alef. (карликовая). Darrah (1974) [12] классифицировал сорта *O. basilicum* на семь типов: 1) душистый (включая Sweet basil); 2) крупнолистный итальянский (включая «Lettuce Leaf» и «Italian»); 3) карликовый греческий («Bush basil»); 4) лакричный (включая *O. basilicum* var. *glabratum* («тайский» базилик)); 5) пурпунолистный (включая var. *purpurescens* с традиционным сладким ароматом); 6) тип пурпунолистного (включая «Dark Opal», возможный гибрид между *O. basilicum* и *O. forskolei*, с гвоздичным ароматом); 7) лимонный (включая типы *citriodorum*). Довольно обширная коллекция базилика ВИР типизирована А.С.

Бородиным и М.М. Гиренко (1982) [13] по окраске растений, листьев, их характеру, скороспелости и географического происхождения – установлены 3 типа и 8 групп. К.И. Ивановой (1990) [14] выделен ряд сортоформ базилика огородного: Закавказский серо-фиолетовый, Армянский фиолетовый, Иранский серо-зеленый, Узбекский фиолетовый, Зеленый гладколистный и Зеленый пузырчатолостный. В основу взяты наличие или отсутствие антоциана и характер его проявления.

Коллекция базилика ВИР представлена 452 образцами шести видов (*O. basilicum* L., *O. gratissimum* L., *O. tenuiflorum* L., *O. americanum* L., *O. minimum* L. и *O. kilimandscharicum* Baker ex Gürke) из 55 стран. Базилик в коллекции ВИР главным образом представлен сортами народной селекции из республик Закавказья (Азербайджан, Армения, Грузия), а также Узбекистана, Киргизии и Казахстана. За последние годы коллекция пополнилась новыми образцами, как российской, так и зарубежной селекции.

Расширение ассортимента пряно-ароматических культур, а также выявление конкурентоспособных адаптивных сортов, обладающих высокими хозяйственно ценными признаками, определяет необходимость изучения и выделения перспективных видов и форм пряно-ароматических растений, в т.ч. и базилика (*Ocimum* L.).

Цель нашего исследования заключалась в сравнительной оценке образцов базилика (*Ocimum basilicum* L.) коллекции ВИР по морфологическим и фенологическим признакам и выделение образцов, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе при создании новых перспективных сортов.

Материал и методы

Исследования проводили в ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР) на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская область) в 2019–2021 годах в условиях открытого грунта. Материал исследования – 66 образцов коллекции базилика (*O. basilicum*) ВИР различной агробиологической принадлежности и эколого-географического происхождения.

Исследования проводили согласно методическим указаниям по изучению коллекции малораспространенных овощных культур, по селекции зеленых, пряно-вкусовых и многолетних овощных культур, а также методике проведения испытания на отличимость, однородность и стабильность базилика (*Ocimum basilicum* L.) [15, 16, 17].

Образцы выращивали прямым посевом в грунт в первой декаде июня. Схема посева 70×20 см, повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки – 6 м². Всходы появлялись на 10–12 сутки.

Годы исследований (2019–2021) характеризовались разным соотношением температурного режима и влагообеспечения (рис. 1). Вегетационный период 2019 года отличался повышенной температурой воздуха и малым количеством осадков в июне, что увеличивало количество дней от посева до всходов и сдерживало рост растений. В остальные месяцы погодные условия вполне соответствовали требованиям культуры. В 2020 году сложились оптимальные условия для роста и развития растений базилика в течение всего вегетационного периода. Вегетационный период 2021 года характеризовался повышенной температурой воздуха в июне и июле, в остальные месяцы – на

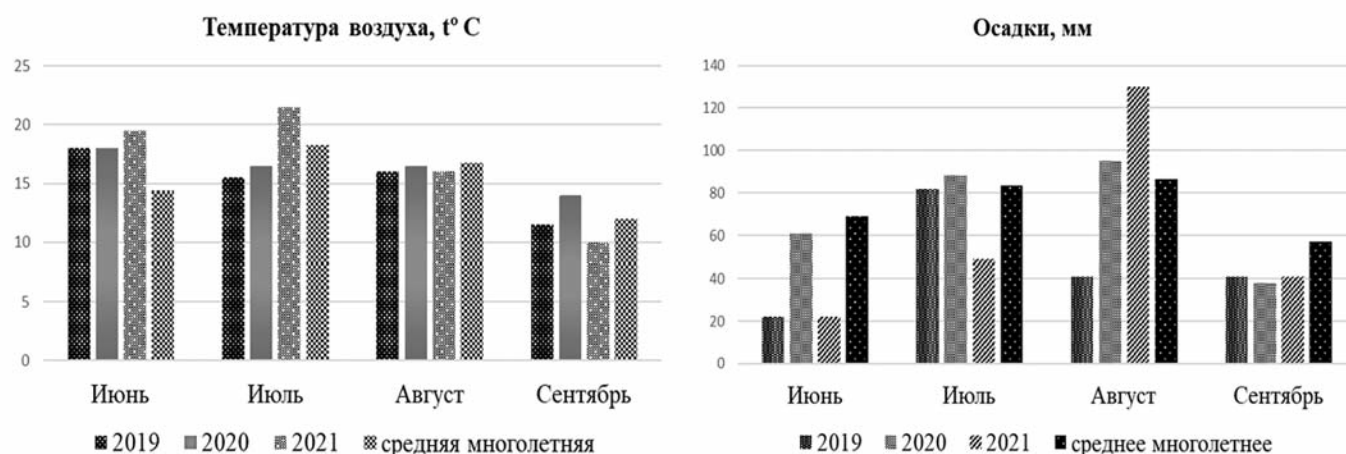


Рис. 1. Характеристика погодных условий вегетационных периодов (2019-2021 гг., НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»)

Fig. 1. Characteristics of the weather conditions of the growing seasons (2019-2021, the VIR Pushkin and Pavlovsk Laboratories)

уровне среднемноголетних данных. 2021 год отличался нестабильными осадками: отмечалась нехватка влаги в июне и июле и преизбыточное увлажнение в августе. Периоды проливных дождей чередовались с засушливыми периодами, что в разной степени сказывалось на росте растений.

При анализе материала в течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения (посев, всходы, цветение), морфологическое описание растений и определяли биометрические показатели. При этом учитывали высоту растения, форму и плотность куста, размеры, форму и окраску листовой пластинки, окраску стебля и венчика, массу одного растения. Данные измерения проводили в фазе массового цветения.

Анализ полученных данных проводили с использованием программного обеспечения STATISTICA v.12.0 (StatSoft Inc., США).

Результаты исследований

В нашем исследовании у образцов базилика определяли только продолжительность периода от всходов до

цветения, которая составила 43-75 дней ($CV=12,7\%$), так как в Ленинградской области семена не созревают из-за неблагоприятных для развития базилика температурных условий в конце вегетации. По числу дней от всходов до цветения варьирование между образцами небольшое во все годы выращивания, значимых отличий найдено не было (табл. 1). Данный период у некоторых образцов в условиях Ленинградской области оказался менее продолжительным, чем в южном регионе [13, 18]. Вероятно, ускорение сроков наступления цветения связано с реакцией на длинный световой день. Наиболее скороспелыми были образцы из Германии (к-45), Китая (к-48) и Грузии (к-28) с зеленой окраской листа – цветение началось на 43-49 сутки после всходов. Наиболее позднеспелыми были местные образцы из Армении (вр.525, вр.520, вр.516) с фиолетовой окраской листьев, цветение наступало на 74-75 день после всходов.

Высота растений у изученных образцов изменялась в довольно широких пределах - 12,3-48,1 см ($CV=27,3\%$). К низкорослым формам (до 20 см) относились в основном селекционные образцы из США (вр.400), Казахстана (к-

Таблица 1. Двухфакторный дисперсионный анализ признаков базилика
Table 1. Two-way analysis of variance for basil traits

Признак	MS		F _{факт}		F _{теор}		p	
	генотип	год	генотип	год	генотип	год	генотип	год
Скороспелость	182,99	72,54	8,74	0,97	2,00	4,30	0,0000	0,3790
Высота, см	195,20	3135,33	2,22	33,99			0,000053	0,0000
Длина листа, см	7,34	58,65	4,27	19,50			0,0000	0,0000
Ширина листа, см	3,52	18,46	6,14	13,43			0,0000	0,000003
Общая длина ветоноса, см	49,45	185,61	9,71	10,29			0,0000	0,000056
Масса, г	7418,74	32807,96	7,90	11,83			0,0000	0,000014

134), Китая (вр.461), Нидерландов (вр.364) и Греции (к-141); к высокорослым – в основном местные образцы из Армении и Грузии, и селекционные образцы из России и Украины.

Степень варьирования длины и ширины листовой пластинки составила 2,7-11,0 см ($CV=25,4\%$) и 1,4-6,7 см ($CV=31,6\%$), соответственно. В изученной коллекции присутствовали как мелколистны́е, так крупнолистны́е формы. Форма пластинки листа преобладала эллиптическая и яйцевидная, а также широкояйцевидная у крупнолистны́х образцов. Характер поверхности листа варьировал от гладкой до сильнопузырчатой. У мелколистны́х сортов поверхность пластинки в основном была гладкой или со слабой пузырчатостью. Среди крупнолистны́х были пузырчатые разной степени. Край листа по степени его надрезанности изменялся от ровного до крупнозубчатого. Большинство образцов с зеленой окраской листа характеризовались ровным или слабозубчатым краем, независимо от величины пластинки. Среди образцов с антоциановой окраской встречались все типы надрезанности края.

По окраске побегов, листьев и соцветий все образцы делились на две большие группы: с антоциановой пигментацией и без нее. К первой группе относились образцы со светло-зеленой окраской побегов, желто-зеленой, зеленой или серо-зеленой окраской листьев, со светло-зелеными чашелистиками и белыми цветками. Образцы второй группы характеризовались побегами зеленой, бурой или фиолетовой окраски, фиолетовыми, зелеными с фиолетовыми вкраплениями и пятнами листьями, чашелистики бурые, светло-фиолетовые или фиолетовые, цветки розовые, фиолетовые или сиреневые.

Масса одного растения в среднем по изученным образцам была в пределах 46,3-226,0 г ($CV=40,5\%$). Этот признак очень сильно варьировал у изученных образцов в разные годы выращивания. В результате многолетних исследований выявлены образцы с высокой средней массой растения (от 212,0 до 226,0 г): Сладкий принц (вр.424, Россия), Фиолетовый (вр.442, Россия) и местные образцы из Армении (вр.509, вр.517, вр.518, вр.516).



Рис. 2. *O. basilicum* var. *basilicum* (1), var. *glabratum* (2), var. *purpurescens* (3), var. *majus* (4), var. *diffforme* (5), var. *minimum* (6), var. *chamaeleonicum* (7)
Fig. 2. *O. basilicum* var. *basilicum* (1), var. *glabratum* (2), var. *purpurescens* (3), var. *majus* (4), var. *diffforme* (5), var. *minimum* (6), var. *chamaeleonicum* (7)

Таблица 2. Изменчивость фенотипических признаков разновидностей базилика в среднем за 2019-2021 гг.
Table 2. Variability of phenotypic traits of basil varieties on average for 2019-2021

Разновидность	Скороспелость, дни	Высота, см	Длина листа, см	Ширина листа, см	Масса, г
<i>var. basilicum</i>	59,3±5,4 49,7-71,0	31,2±7,2 23,3-48,1	6,3±1,0 5,2-9,2	3,5±1,1 2,5-6,7	117,4±41,4 75,3-189,3
<i>var. glabratum</i>	59,6±7,3 50,0-72,3	30,1±7,5 20,1-46,3	5,5±1,2 3,5-8,0	2,9±0,8 1,6-4,8	119,2±47,3 59,4-223,5
<i>var. purpurescens</i>	64,5±8,5 47-75,0	31,8±6,1 25,0-43,8	6,8±1,0 5,1-9,1	3,9±0,6 2,7-4,9	141,9±61,0 47,1-226,0
<i>var. majus</i>	56,1±8,0 43,0-70,7	34,2±8,8 24,5-45,7	5,9±1,3 3,8-7,9	3,2±0,7 1,8-4,2	132,8±54,6 72,8-223,0
<i>var. difforme</i>	65,6±5,6 57,7-71,0	19,7±5,3 12,3-26,3	8,5±1,6 6,9-11,0	5,1±0,9 4,2-6,2	96,9±39,3 46,3-154,0
<i>var. minimum</i>	63,8±11,0 51,3-72,3	18,4±7,0 12,9-26,2	3,9±0,3 3,6-4,2	2,0±0,3 1,7-2,2	100,8±21,3 76,7-117,3
<i>var. chamaeleonicum</i>	65,3±5,8 59,0-70,3	24,5±2,6 21,5-26,4	4,0±2,0 2,7-6,3	2,0±0,9 1,4-3,1	100,2±24,0 72,5-114,9
Среднее по образцам	61,3±7,8 43,0-75,0	29,5±8,1 12,3-48,1	6,2±1,6 2,7-11,0	3,4±1,1 1,4-6,7	122,9±49,7 46,3-226,0

Погодные условия в годы исследования в разной степени влияли на проявление всех морфологических признаков (табл. 1). Так в 2019 году отмечено сильное снижение высоты растений, размеров листа и массы одного растения из-за высоких температур и малого количества осадков в июне, что способствовало медленному развитию растений в начале вегетации.

Похолодание, наступившее в конце периода вегетации, в частности в ночное время суток, позволило проследить реакцию образцов различного происхождения на низкие положительные температуры. Отрицательная реакция, проявившаяся в появлении на листьях некротических пятен и в опадании листьев, была обнаружена прежде всего у селекционных образцов из Франции, Аргентины, Германии и некоторых из России и местных образцов Индии и Ирана. Наиболее холодостойкими оказались местные образцы из Армении, Казахстана и Узбекистана, что возможно связано с тем, что они создавались в условиях резкого континентального климата, где в период вегетации подвергались воздействию низких ночных температур.

Изученные образцы базилика были типизированы и отнесены к 7 разновидностям двух подвидов (*subsp. basilicum* и *subsp. minimum*) согласно классификации R. Mansfeld (1959): *var. basilicum* – 11 обр., *var. glabratum* – 17 обр., *var. purpurescens* – 17 обр., *var. majus* – 9 обр., *var. difforme* – 6 обр., *var. minimum* – 3 обр. и *var. chamaeleonicum* – 3 обр. (рис. 2).

Габитус растения (размер, форма), скороспелость, окраска листьев, аромат базилика являются основными селекционными и хозяйственно-ценными признаками. При изучении образцов базилика были выявлены различия по фенологическим и морфологическим при-

знакам в пределах каждой разновидности (табл. 2).

Разновидность огородная (*var. basilicum*). Растения прямостоячие, средней высоты или высокорослые, куст средней плотности или рыхлый. Окраска стебля зеленая, серо-зеленая, серо-фиолетовая. Листовые пластинки эллиптической иногда яйцевидной формы, средней величины; окраска зеленая, серо-зеленая, иногда с вкраплениями антоциана или антоциановыми жилками; глянец от слабой до сильной; пузырчатость слабая или средняя; форма поперечного сечения чаще вогнутая, встречается V-образная; край без зубцов или слабозубчатый, волнистость слабая. Соцветия с антоциановой окраской, цветки белые или розовые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые и среднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена местными образцами из Закавказья (к-28, к-49, к-91, к-124, к-150, к-206) и селекционными образцами из Китая (к-105), Польши (вр.324), России (Гурман, к-193; Фантазер, вр.350) и Украины (Юнга, вр.384). В пределах данной разновидности можно выделить сортоотипы Закавказский серо-фиолетовый и Иранский серо-зеленый.

Разновидность голая (*var. glabratum*). Растения прямостоячие или промежуточной формы, средней высоты или высокорослые, куст разной степени плотности. Окраска стебля серо-фиолетовая или фиолетовая. Листовые пластинки эллиптической или яйцевидной формы, мелкие или средней величины; окраска зеленая, темно-зеленая, с вкраплениями антоциана или антоциановыми жилками и краем листа; глянец от средней до сильной; пузырчатость слабая или отсутствует; форма поперечного сечения чаще вогнутая; край слабозубчатый.

тый или гладкий, волнистость слабая. Соцветия чаще фиолетовые, цветки розовые или сиреневые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые и среднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена местными образцами из Закавказья (к-4, к-10, к-21, к-58, к-77, к-86, к-207, вр.513), Киргизии (к-84), Казахстана (к-93, к-94), Индии (вр.170), Ирана (вр.397), Тайланда (вр.399) и селекционными образцами из Франции (Fin vert, к-122; Cannelle, вр.412) и России (Тайская королева, вр.336). В пределах данной разновидности можно выделить сортотипы Армянский фиолетовый, Узбекский фиолетовый и Тайский. Данная разновидность наиболее полиморфная.

Разновидность пурпуровая (var. *purpurescens*). Растения высокорослые, прямостоячие, куст разной степени плотности. Окраска стебля фиолетовая. Листовые пластинки яйцевидной, широкояйцевидной или эллиптической формы, крупной или средней величины; окраска фиолетовая, темно-фиолетовая, красно-фиолетовая или сверху темно-зеленые с фиолетовым оттенком; гляцевитость средняя или сильная; пузырчатость разной степени; форма поперечного сечения чаще выпуклая, иногда вогнутая или плоская; край сильно- или среднезубчатый, волнистость слабая или средняя. Соцветия фиолетовые, цветки фиолетовые или сиреневые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые, среднеспелые или позднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена местными образцами из Армении (к-205, вр.509, вр.510, вр.514, вр.516, вр.517, вр.520, вр.521, вр.525), Грузии (к-11), Азербайджана (к-61) и селекционными образцами из Румынии (Metalica, к-125), Молдовы (Фиолетовый, вр.343), России (Опал краснолистный, вр.428; Фиолетовый, вр.442; Без названия, и:160932) и Италии (Blanco a foglia violetta, вр.515). В пределах данной разновидности можно выделить сортотипы Армянский фиолетовый и Узбекский фиолетовый.

Разновидность большая (var. *majus*). Растения среднерослые, прямостоячие или промежуточной формы, куст средней или сильной степени плотности. Окраска стебля светло-зеленая, зеленая. Листовые пластинки яйцевидной или широкояйцевидной формы, крупной или средней величины; окраска зеленая, серо-зеленая или зеленая с желтизной; гляцевитость средняя или слабая; пузырчатость слабая или средняя; форма поперечного сечения чаще вогнутая иногда V-образная; край ровный или неяснозубчатый, волнистость слабая или средняя. Соцветия зеленые, без антоциана, цветки белые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые, среднеспелые или позднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена селекционными образцами из Германии (Großblättriges grünes, к-45), Китая (к-48), Канады (Sweet basil, к-90), Испании (к-157), России (Бархат, вр.355; Сладкий принц, вр.424) и Ирана (Зеленый, вр.523) и двумя местными образцами из Армении (вр.518, вр.519). В пределах данной разновидности можно выделить сортотип Зеленый гладколистный.

Разновидность пузырчатолстная (var. *difforme*). Растения низкорослые или среднерослые, прямостоя-

чие, куст средней степени плотности. Окраска стебля светло-зеленая, зеленая. Листовые пластинки широкояйцевидной или треугольной формы, крупной или средней величины; окраска зеленая, светло-зеленая или зеленая с желтизной; гляцевитость сильная; пузырчатость сильная; форма поперечного сечения чаще вогнутая; край ровный или неяснозубчатый, волнистость сильная или средняя. Соцветия зеленые, без антоциана, цветки белые. По сроку вступления в фазу цветения растения среднеспелые или позднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена селекционными образцами из Аргентины (к-63), Казахстана (к-134), Греции (к-141), России (Зеленый бархат, к-199), Нидерландов (Eowyn, вр.417) и Китая (вр.461). В пределах данной разновидности можно выделить сортотип Зеленый пузырчатолстный.

Разновидность маленькая (var. *minimum*). Растения низкорослые, компактные, округлой формы, куст плотный. Окраска стебля светло-зеленая, зеленая. Листовые пластинки эллиптической формы, мелкие; окраска зеленая или зеленая с желтизной; гляцевитость сильная или средняя; с ровной поверхностью; форма поперечного сечения вогнутая; край ровный или неяснозубчатый. Соцветия зеленые, без антоциана, цветки белые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые, среднеспелые или позднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена селекционными образцами из Германии (Feinblättriges kraus grünes, к-132), Нидерландов (Masseillaise, вр.364) и США (вр.400).

Разновидность карликовая (var. *chamaeleonicum*). Растения низкорослые, компактные, округлой формы, куст плотный. Окраска стебля антоциановая. Листовые пластинки эллиптической формы, мелкие; окраска темно-зеленая с вкраплениями антоциана или антоциановыми жилками и краем листа; гляцевитость средняя; с ровной поверхностью; форма поперечного сечения вогнутая; край ровный или неяснозубчатый. Соцветия с антоциановой окраской, цветки фиолетовые. По сроку вступления в фазу цветения растения раннеспелые, среднеспелые или позднеспелые.

В изучении данная разновидность была представлена местными образцами из Армении (к-34) и Казахстана (к-35) и селекционным образцом из России (Троль, вр.340).

Закключение

В результате проведенного исследования изучено 66 образцов базилика различной агробиологической принадлежности и эколого-географического происхождения в условиях открытого грунта Ленинградской области. Выявлена степень изменчивости основных фенологических и морфологических признаков. Выделены образцы базилика по таким признакам, как скороспелость, высота растения, масса одного растения и холодостойкость, которые возможно использовать в качестве исходного материала для селекционной работы. Изученные образцы сгруппированы в 7 разновидностей двух подвидов (subsp. *basilicum* и subsp. *minimum*): var. *basilicum*, var. *glabratum*, var. *purpurescens*, var. *majus*, var. *difforme*, var. *minimum* и var. *chamaeleonicum*, и дана их характеристика.

Об авторе:

Анастасия Борисовна Курина – кандидат биол. наук, научный сотрудник отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ВИР, куратор коллекции пряно-ароматических и лекарственных растений, <https://orcid.org/0000-0002-3197-4751>, адрес для переписки, nastya_n11@mail.ru

About the Author:

Anastasia B. Kurina – Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Department of Genetic Resources of Vegetable and Cucurbit Crops, Curator of VIR aromatic and medicinal crops collection, <https://orcid.org/0000-0002-3197-4751>, Correspondence, nastya_n11@mail.ru

• **Литература**

1. Suddee S., Paton A., Parnell J. Taxonomic revision of tribe Ocimeae Dumort. (*Lamiaceae*) in continental South East Asia III. Ociminae. *Kew Bull.* 2005;(60):3–75.
2. Li B., Cantino P.D., Olmstead R.G., Bramley G.L., Xiang C.L., Ma Z.H., Tan Y.H., Zhang D.X. A large-scale chloroplast phylogeny of the Lamiaceae sheds new light on its subfamilial classification. *Sci Rep.* 2016;(6):1–18. <https://doi.org/10.1038/srep34343>
3. Pandey A.K., Singh P., Tripathi N.N. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 2014;(4):682–694. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>
4. Singh P., Kalunke R.M., Giri A.P. Towards comprehension of complex chemical evolution and diversification of terpene and phenylpropanoid pathways in *Ocimum* species. *RSC Adv.* 2015;(5):106886–106904. <https://doi.org/10.1039/c5ra16637c>
5. Gurav T.P., Dholakia B.B., Giri A.P. A glance at the chemodiversity of *Ocimum* species: Trends, implications, and strategies for the quality and yield improvement of essential oil. *Phytochem Rev.* 2022;21(3):879–913. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09767-z>
6. Ali H.M., Nguta J.M., Mapenay I.O., Musila F.M., Omambia V.M., Matara D.N. Ethnopharmacological uses, biological activities, chemistry and toxicological aspects of *Ocimum americanum* var. *americanum* (*Lamiaceae*). *J Phytopharmacol.* 2021;(10):56–60. <https://doi.org/10.31254/phyto.2021.10111>
7. Purushothaman B., Prasannasrinivasan R., Suganthi P., Ranganathan B., Gimbin J., Shanmugam K. A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. *J Nat Remedies.* 2018;(18):71–85. <https://doi.org/10.18311/JNR/2018/21324>
8. Dos Santos E., Leitão M.M., Agüero Ito C.N., et al. Analgesic and anti-inflammatory articular effects of essential oil and camphor isolated from *Ocimum kilimandscharicum* Gürke leaves. *J Ethnopharmacol.* 2021;(269):113697. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113697>
9. Singh D., Chaudhuri P.K. A review on phytochemical and pharmacological properties of Holy basil (*Ocimum sanctum* L.). *Ind Crops Prod.* 2018;(118):367–382. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.048>
10. Li Q.X., Chang C.L. Basil (*Ocimum basilicum* L.) oils. In: Preedy VR (ed) Essential oils in food preservation, flavor and safety. Academic Press, Cambridge, MA. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00025-0>
11. Mansfeld R. Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlich oder gärtnerisch kultivierter Pflanzenarten. Die Kulturpflanze. Bd.2, Berlin, 1959.
12. Darrah H.H. Investigation of the cultivars of the basil (*Ocimum*). *Econ Bot.* 1974;(28):63–67. <https://doi.org/10.1007/BF02861381>
13. Бородин А.С., Гиренко М.М. Изменчивость признаков и внутривидовая типизация базилика. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 1982;73(3):69–78.
14. Иванова К.В. Внутривидовая классификация базилика огородного (*Ocimum basilicum* L.). *Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур и их значение для селекции (Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции).* 1990;(133):41–49.
15. Методические указания по изучению коллекции малораспространенных овощных культур (цикорный салат, кресс-салат, базилик, кориандр, фенхель, ревен, спаржа). сост. М.М. Гиренко. Л.: ВИР, 1968. 14 с.
16. Методические указания по селекции зеленых, пряно-вкусовых и многолетних овощных культур. под общ. ред. Р.А. Комаровой, Ю.И. Мухановой. М.: ВНИИССОК, 1987. 66 с.
17. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Базилик (*Ocimum basilicum* L.). *Официальный бюл. Гос. комис. РФ по испытанию и охране селекц. достижений.* 2007;9:900–909.
18. Новикова Л.Н., Новиков Б.Н. Изучение перспективных сортообразцов базилика как источников в селекции на продуктивность и скороспелость в условиях юга России. *Овощи России.* 2019;(3):21–24. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-21-24>

• **References**

1. Suddee S., Paton A., Parnell J. Taxonomic revision of tribe Ocimeae Dumort. (*Lamiaceae*) in continental South East Asia III. Ociminae. *Kew Bull.* 2005;(60):3–75.
2. Li B., Cantino P.D., Olmstead R.G., Bramley G.L., Xiang C.L., Ma Z.H., Tan Y.H., Zhang D.X. A large-scale chloroplast phylogeny of the Lamiaceae sheds new light on its subfamilial classification. *Sci Rep.* 2016;(6):1–18. <https://doi.org/10.1038/srep34343>
3. Pandey A.K., Singh P., Tripathi N.N. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 2014;(4):682–694. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>
4. Singh P., Kalunke R.M., Giri A.P. Towards comprehension of complex chemical evolution and diversification of terpene and phenylpropanoid pathways in *Ocimum* species. *RSC Adv.* 2015;(5):106886–106904. <https://doi.org/10.1039/c5ra16637c>
5. Gurav T.P., Dholakia B.B., Giri A.P. A glance at the chemodiversity of *Ocimum* species: Trends, implications, and strategies for the quality and yield improvement of essential oil. *Phytochem Rev.* 2022;21(3):879–913. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09767-z>
6. Ali H.M., Nguta J.M., Mapenay I.O., Musila F.M., Omambia V.M., Matara D.N. Ethnopharmacological uses, biological activities, chemistry and toxicological aspects of *Ocimum americanum* var. *americanum* (*Lamiaceae*). *J Phytopharmacol.* 2021;(10):56–60. <https://doi.org/10.31254/phyto.2021.10111>
7. Purushothaman B., Prasannasrinivasan R., Suganthi P., Ranganathan B., Gimbin J., Shanmugam K. A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. *J Nat Remedies.* 2018;(18):71–85. <https://doi.org/10.18311/JNR/2018/21324>
8. Dos Santos E., Leitão M.M., Agüero Ito C.N., et al. Analgesic and anti-inflammatory articular effects of essential oil and camphor isolated from *Ocimum kilimandscharicum* Gürke leaves. *J Ethnopharmacol.* 2021;(269):113697. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113697>
9. Singh D., Chaudhuri P.K. A review on phytochemical and pharmacological properties of Holy basil (*Ocimum sanctum* L.). *Ind Crops Prod.* 2018;(118):367–382. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.048>
10. Li Q.X., Chang C.L. Basil (*Ocimum basilicum* L.) oils. In: Preedy VR (ed) Essential oils in food preservation, flavor and safety. Academic Press, Cambridge, MA. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00025-0>
11. Mansfeld R. Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlich oder gärtnerisch kultivierter Pflanzenarten. Die Kulturpflanze. Bd.2, Berlin, 1959.
12. Darrah H.H. Investigation of the cultivars of the basil (*Ocimum*). *Econ Bot.* 1974;(28):63–67. <https://doi.org/10.1007/BF02861381>
13. Borodkin A.S., Girenko M.M. Variability of traits and intraspecific typification of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 1982;73(3):69–78. (In Russ.)
14. Ivanova K.V. Intraspecific classification of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 1990;(133):41–49. (In Russ.)
15. Methodical instructions for the study of the collection of rare vegetable crops (cicor salad, garden cress, basil, coriander, fennel, rhubarb, asparagus). comp. M.M. Girenko. L.: VIR, 1968. 14 p. (In Russ.)
16. Methodical instructions for the selection of green, spicy-flavoring and perennial vegetable crops / under total. ed. R.A. Komarova, Yu.I. Mukhanova. M.: VNIISOK, 1987, 66 p. (In Russ.)
17. Test methods for distinctness, uniformity and stability. Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Official Bull. State registry of RF on testing and protection of selec. achievements.* 2007;(9):900–909. (In Russ.)
18. Novikova L.N., Novikov B.N. Study of perspective basil varieties as sources in selection on productivity and precocity in the conditions of south Russia. *Vegetable crops of Russia.* 2019;(3):21–24. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-21-24>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-24-28>
УДК 635.9:(581.143.5+573.6)

Svetlana A. Borovaya*, Natalia G. Boginskaya

FSBSI "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki"
30, Volozhenina st., Timiryazevsky stl.,
Ussuriysk, Primorsky krai, 692539, Russia

*Correspondence Author:
borovayasveta@mail.ru

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

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Borovaya S.A., Boginskaya N.G. Regenerative ability and micropropagation of *Petunia hybrida* in vitro. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):24-28.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-24-28>

Received: 27.10.2022
Accepted for publication: 01.11.2022
Published: 02.12.2022

С.А. Боровая*, Н.Г. Богинская

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

*Автор для переписки:
borovayasveta@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Borovaya S.A., Boginskaya N.G. Regenerative ability and micropropagation of *Petunia hybrida* in vitro. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):24-28.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-24-28>

Поступила в редакцию: 27.10.2022
Принята к печати: 01.11.2022
Опубликована: 02.12.2022

Regenerative ability and micropropagation of *Petunia hybrida* in vitro



Abstract

Scientific relevance. The garden petunia, *Petunia hybrida*, is a popular and wide spread ornamental crop from the family *Solanaceae*. It is a promising model plant for molecular and genetic research. *In vitro* micropropagation plays an important role in the distribution of the garden petunia because the survivability and quality of seed material decreases significantly in every subsequent generation. Besides, micropropagation reduces the cost of production substantially. Considering that very few researchers addressed this question in the Russian Federation, this direction of research is still worthy of attention.

Materials and methods. The experiments were conducted by the Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops at FSBSI "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki". Seeds of *Petunia hybrida* (double-flowered) were used as primary explants. Liquid bleach ACE diluted with distilled water in the proportion 1:9 was used as a sterilizing agent (the working solution contained 0.50% NaOCl). The total time of exposure was 15 minutes. The primary explants were subcultured onto a hormone-free Murashige and Skoog basal medium containing 20 g/L sucrose and 6 g/L agar. Isolated *in vitro* objects were cultured in test tubes with cotton-gauze plugs at an illuminance of 4000 lx, a temperature of 22–25 °C, and a 16h photoperiod in a culture room. The duration of one passage was 60 days. Micropropagation was carried out using 7–10 mm cuttings with one or two nodes. The pot culture of the regenerants was established under controlled conditions in a light room (photoperiod was 16 hours, temperature was 23°C).

Results. The optimal method for introducing *Petunia hybrida* into cell culture is the use of seeds treated with the solution of bleach ACE that was diluted with distilled water in the proportion 1:9. The optimal time of exposure is 15 minutes. *Petunia hybrida* demonstrated a high regeneration rate on the hormone-free MS medium – it had a fast growth and development rate, and good rhizogenesis; the reproductive rate was 8.77. For the micropropagation of the garden petunia, it is advisable to use cuttings of test tube plants, which should be placed onto a hormone-free MS medium. The test tube plants of *Petunia hybrida* acclimatized successfully on a soil substrate. This shows the high plasticity of the culture.

Keywords: *Petunia hybrida*, micropropagation, sterilizing agent, regenerants, *in vitro*, pot culture

Исследование регенерационной способности и микроклональное размножение *Petunia hybrida* in vitro

Резюме

Актуальность. Петуния гибридная – популярная, широко культивируемая во всем мире декоративная культура семейства пасленовые и перспективное модельное растение для молекулярно-генетических исследований. Важную роль в тиражировании гибридной петунии имеет микроклональное размножение *in vitro*, поскольку жизнеспособность и качество посевного материала резко ухудшается в последующих поколениях. Немаловажный аспект при этом – существенное снижение экономических затрат. Учитывая, что в РФ исследований по данному вопросу крайне мало, данное направление работ является весьма актуальным.

Материалы и методы. Исследования проводили в лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». В качестве первичных эксплантов использовали семена *Petunia hybrida* (махровая форма). Стерилизующий агент – бытовой отбеливатель ACE, разбавленный дистиллированной водой в соотношении 1 : 9 (0,50% содержание NaOCl в рабочем растворе). Время экспликации – 15 мин. Первичные экспланты пассировали на безгормональную питательную среду с минеральной основой по Мурасиге-Скуга, содержащую 20 г/л сахарозы и 6 г/л агара. Изолированные *in vitro* объекты культивировались в пробирках с ватно-марлевыми пробками при освещенности 4 тыс. лк, температуре 22...25°C, фотопериоде 16 ч в условиях культуральной комнаты. Продолжительность одного пассажа – 60 суток. Микроклональное размножение проводили черенками длиной 7-10 мм с узлом. Перевод регенерантов в горшечную культуру осуществлён в контролируемые условия в световой комнате: фотопериод 16 ч – день, температура 23°C.

Результаты. Для введения в культуру *in vitro* петунии гибридной оптимальным способом является использование семян, обработанных раствором бытового отбеливателя ACE, разбавленным дистиллированной водой в соотношении 1 : 9 при времени экспликации 15 мин. *Petunia hybrida* продемонстрировала высокие темпы регенерации на безгормональной питательной среде MS, выражающиеся в достаточной скорости роста и развития растений, хорошем ризогенезе, а также коэффициенте размножения 8,77. Для микроклонального размножения петунии целесообразно использовать черенки пробирочных растений, которые помещают на безгормональную среду MS. Пробирочные растения *Petunia hybrida* обладают высокой приживаемостью в почвенном субстрате, что свидетельствует о высокой пластичности культуры.

Ключевые слова: петуния гибридная, микроклональное размножение, стерилизующий агент, регенеранты, *in vitro*, горшечная культура

Introduction

Currently biotechnological methods are widely used both for propagating valuable genotypes (cell, tissue and organ cultures, micropropagation, etc.) and for creating a new genetically unique starting material (cell selection, the use of somaclonal variations, the development of induced mutants, etc.). The potential of plant regeneration has been exploited for a long time to multiply clones, cuttings and graftings, thus being a foundation for many research studies [1]. The method of micropropagation is employed for commercial purposes all around the world, though the regenerative ability of plants varies significantly among genotypes [2-4].

A topical research direction is the development of methods and approaches for introducing crops into cell culture and for micropropagating plants. Besides their esthetic value, such plants can be used as indicators of viral infection for monitoring viruses of many important agricultural crops. The garden petunia is one of these plant species. *P. hybrida*, a species from the family *Solanaceae*, includes about 30 subspecies [5]. It has colorful flowers, which bloom for a long time. The esthetic value of the garden petunia makes it an economically important species cultivated all around the world [6,7]. Petunia seeds comprise 30% of the global seed production of floriculture crops [8]. Additionally, the garden petunia is a promising model plant for molecular biology, plant genetics, etc. [9]. *P. hybrida* has been used as genetic material for somatic hybridization, molecular, biochemical, and cytogenetic research studies, as well as functional analysis [10]. It is a plant-differentiator of viral infections for other crops. Besides, *Petunia hybrida* might be used as a research object for studies on the biosynthesis of flavonoids, plant improvement, and self-incompatibility [11-13].

The garden petunia is mainly grown from seeds and micropropagation plays an important role in their production. Taking into account that the quality of plants decreases in every subsequent generation, the preservation of F_1 progeny is crucial for future multiplication and survivability [14]. Furthermore, propagating ornamental plants under field conditions is limited by such factors as disease spread, considerable expenditures, an adverse effect on environment owing to pesticide and fertilizer application, a need in a large land area, etc [15]. These factors emphasize the importance of cell culture and micropropagation for the cultivation of floriculture crops. The micropropagation of F_1 *P. hybrida* plants raises a possibility for the preservation of their qualitative characteristics, e.g. flower color and longevity, plant shape, and increases the success rate of plant multiplication. By contrast, the germination rate among F_1 hybrids is only 50-60% in the case of an ordinary planting of petunia seeds in soil [16].

Some foreign authors describe successful cases of petunia micropropagation *in vitro* through direct organogenesis of shoot tips [17], seeds [18], and nodal explants [15] and through indirect organogenesis from stem segments and leaf pieces [19], internodes [5], and shoot tips [20]. According to several researchers, the best medium for direct organogenesis of *P. double* explants from shoot tips and nodes is an MS basal medium supplemented with 1 mg/L of 6-benzylaminopurine (BA) and 1 mg/L of 1-naphthaleneacetic acid (NAA) [15]. A maximum elongation of shoots was observed on an MS medium supplemented with 0.2 mg/L of gibberellic acid (GA). Seedlings grown under these conditions produced numerous leaves and nodes. Auxins, such as 1-naphthaleneacetic acid (NAA) and indole-3-butyric acid (IBA), added to an MS medium

in a concentration of 0.2 mg/L and 1 mg/L, respectively, were the most beneficial for the root formation of *P. hybrida*.

Leaf bases, internodes and cotyledons of petunia seedlings are used to obtain callus [5]. The most successful protocol for the propagation of *P. hybrida in vitro* was implemented via the culturing of internodes on an MS medium supplemented with 0.5 mg/L of BA. The organogenesis of the shoots that were obtained using *Petunia* leaf blades was noted to be influenced by the explant size, the configuration and the duration of exposure to BA [21]. Z.A. Farooq et al. [14] reveals that the maximum induction of callus can be reached by using BA in a dose of 1.0 mg/L and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) in a dose of 1.5 mg/L. The highest regeneration of callus was achieved on an MS medium enriched with 2.0 mg/L of kinetin and 0.5 mg/L of IBA. The proliferation of *P. hybrida* was highest on media containing 0.5 mg/L of BA and 0.5 mg/L of IBA. The best root formation was observed on an MS medium containing 1.0 mg/L of IBA.

According to D. Kulpa et al. [22], the garden petunia should be propagated *in vitro* on an MS medium supplemented with 0.5 mg/L of gibberellic acid. Plants propagated under these conditions grow to a considerable height and produce numerous leaves and lateral shoots. Indole-3-acetic acid (IAA) added to an MS medium in a dose of 0.5 and 1.0 mg/dm³ was most beneficial for the root formation of the petunia *Flash Red* × *atkinsiana* D. Don. These petunia plants had long numerous roots. The optimal medium for the induction of flowering in petunia plants is an MS medium supplemented with 0.5 mg/dm³ of kinetin. The use of kinetin resulted in the formation of the highest number of flowers with a normal morphological structure.

Considering that biotechnological approaches might reduce the cost of production significantly and there have been very few research studies on petunia tissue culture in the Russian Federation, this direction of research appear to be worthy of attention.

The goal of this research was to study morphological characteristics of *Petunia hybrida* regenerants and the micropropagation of petunia plants *in vitro*.

Materials and methods

Seeds of *Petunia hybrida* (double-flowered) were bought from the agrobusiness holding company "POISK" (the producer "Tsentr-Ogorodnik", LLC, Russia). To be introduced into the culture, the seeds were sterilized with newly prepared bleach-er ACE diluted with distilled water in the proportion 1:9 (the working solution contained 0.50% NaOCl). Container with the seeds was stirred up at regular intervals. The total time of exposure was 15 minutes. The plant material was rinsed with autoclaved distilled water three times for five minutes each time in a laminar flow cabinet. The primary explants were cultured onto a hormone-free Murashige and Skoog basal medium [23] containing 20 g/L sucrose and 6 g/L agar. The pH of the saline medium was brought to 5.7-6.0 using 1 n KOH. Isolated *in vitro* objects were cultured in test tubes with cotton-gauze plugs at an illuminance of 4000 lx, a temperature of 22-25 °C, and a 16h photoperiod in a culture room. The duration of one passage was 60 days. Micropropagation was carried out using single-node cuttings 7-10 mm in length. The box, laboratory glassware and instruments employed were prepared and sterilized according to generally accepted methods.

The pot culture of the regenerants was established under

controlled conditions in a light room with a 16h photoperiod and a temperature of 23°C.

Results and discussion

Sterilizing the *P. hybrida* seeds with a 0.5% solution of NaOCl for 15 minutes was highly effective – none of the explants introduced into the culture was infected. The first leaves appeared on the 2nd-3rd day. The seeds germinated well on an MS medium without plant hormones – the first roots were observed on the 4th-5th day. The initiation of axillary bud development occurred simultaneously. The root length increased considerably and ranged from 7 to 21 mm on the 11th day of cultivation (Figure 1). H. Abu-Qaoud et al. [18] obtained analogous results in an experiment, where a 0.52% solution of NaClO was used as a sterilizing agent for *P. hybrida* seeds, which were later inoculated on a hormone-free MS medium. The germination rate was 100%. R.A. Dixon et al. [24] also reported that a high germination rate of petunia seeds was achieved on an agar-based medium without plant growth regulators. In our research, the germination rate of the seeds cultured onto a hormone-free nutrient medium was 73.9%. This might be linked first of all to their initial qualitative characteristics because a preliminary sowing in pots with a soil substrate showed a 68.5% germination rate of the garden petunia.

On the 21st day of cultivation, *P. hybrida* microshoots of dif-

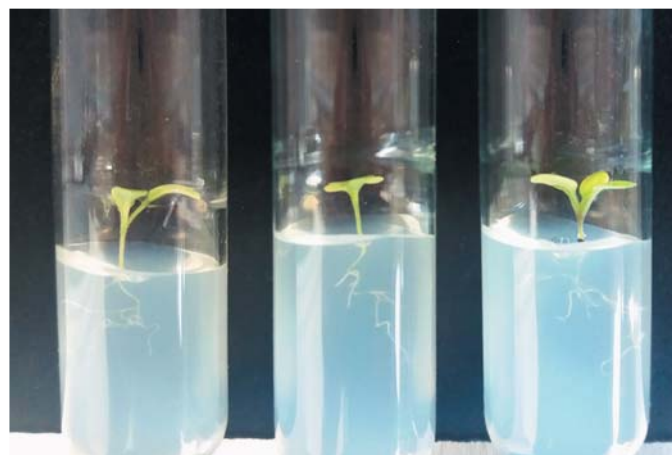
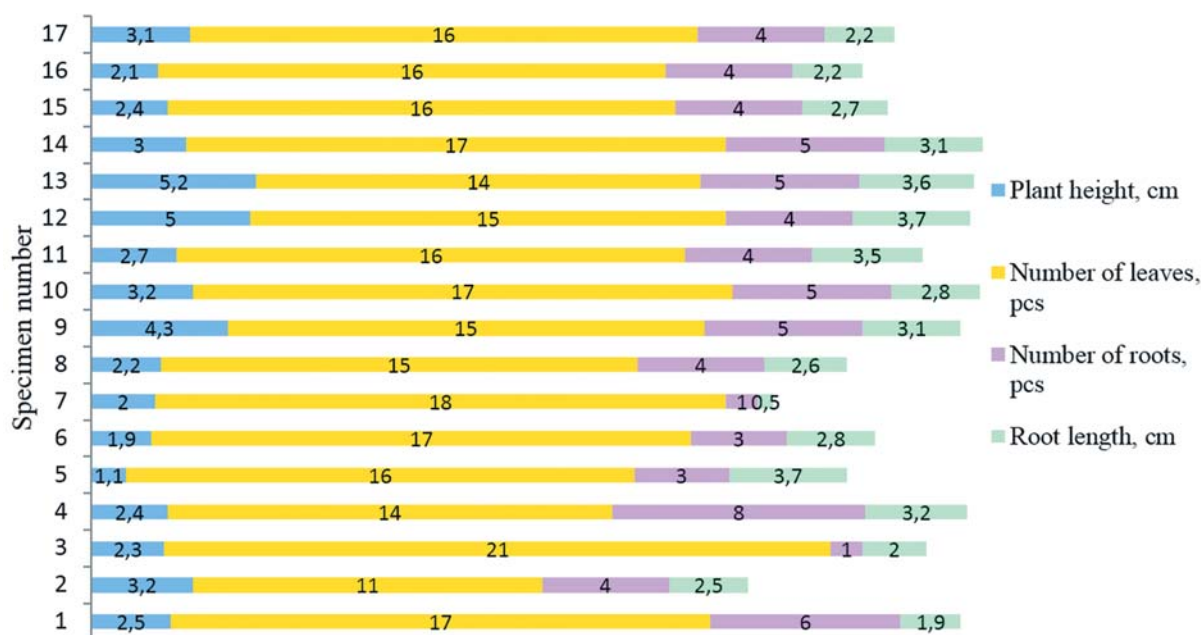


Figure 1. Development of a microshoot on a primary explant of *Petunia hybrida* (the 11th day of cultivation)

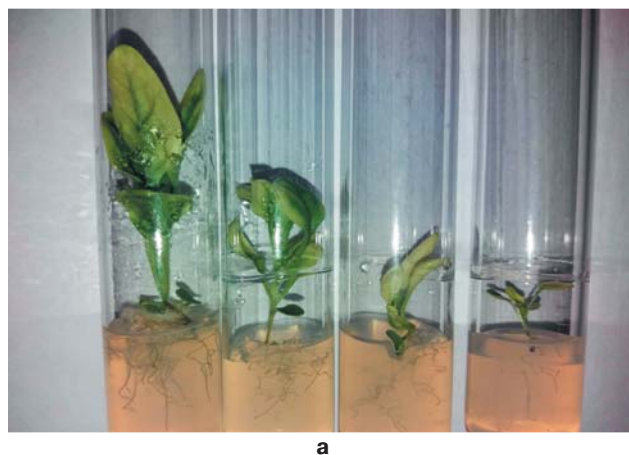
ferent length were forming, axillary buds continued to develop in their leaf axils (Figure 2, Figure 3a).

The plant height ranged from 1.1 to 5.2 cm and was 2.86 cm on average. The number of leaves was 11-18 per plant (15.9 leaves on average). Rhizogenesis was considered to be the most important parameter characterizing the adaptability of the plants. In our experiments, the 21-day-old regenerants had up to eight roots (4.1 roots on average) and the average

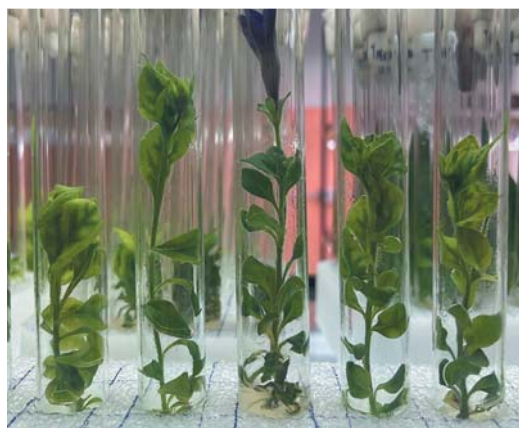


Statistical parameters	Plant height, cm	Number of leaves, pcs	Number of roots, pcs	Root length, cm
MEAN case 1-17	2.9	15.9	4.1	2.7
MEDIAN case 1-17	2.5	16	4	2.8
SD case 1-17	1.09	2.08	1.65	0.81
MIN case 1-17	1.1	11	1	0.5
MAX case 1-17	5.2	21	8	3.7
25th% case 1-17	2.2	15	4	2.2
75th% case 1-17	3.2	17	5	3.2

Figure 2. Characteristics of the growth and development of *Petunia hybrida* in vitro on the 21st day of cultivation



a



b

Figure 3. *Petunia hybrida* in vitro:
a – the 21st day of cultivation, b – the 40th day of cultivation

root length was 2.7 cm. Similar results were obtained for *P. hybrida* Vilm. Cv. "Bravo" when it was grown on an MS medium supplemented with BA and IBA [14].

It should be noted that the regenerants had a high growth and development rate on the employed nutrient medium (an MS without growth regulators). On the 40th day of cultivation, the plants were 4.7-12.8 cm in height and had a great number of internodes. Reproductive buds started to form on a few specimens (Figure 3b). At the end of the passage (on the 60th day of cultivation) the plant height ranged from 17.3 to 25.9 cm. The plants were characterized by good leaf coverage and rhizogenesis. As the result, the reproductive rate of the garden petunia was 8.77 on average.

In contrast, R.R. Habas et. al [15] suggested a protocol for

the *in vitro* regeneration of the garden petunia from seeds (an 8% solution of NaOCl was used as a sterilizing agent, the exposure time was 10 minutes) with a subsequent intermediate and final passage of explants from shoot tips and nodes obtained from the seedlings onto an MS medium supplemented with plant hormones. The goal of the experiment was to obtain regenerants with roots. A maximum shoot length of 5.8 cm was recorded on the 21st day, the survival rate was 70%. R.R. Habas et. al also noted that the disease rate among the inoculated seeds was 30-80% when the working solution had lower concentrations of NaOCl (4-6%). Higher concentrations (10%) resulted in the absence of germination. Our experiments showed that an increase of seed exposure time to 15 minutes allowed us to decrease the concentration of NaOCl. This reduced the toxic impact on the embryos and simultaneously made the sterilization of the primary explants more effective.

Some researchers suggested protocols for the micropropagation of the garden petunia *in vitro* via callus culture [14, 25-27]. The authors use different methods with various primary explants (shoot tips, segments of nodes and leaves, flower explants) and a stepwise application of sterilizing agents, for example, 0.02% fungicide (carbendazim), 0.1% HgCl₂, and 70% ethanol. A new nutrient medium with a certain proportion of plant growth regulators is required for every mandatory stage of the experiment – callus formation, regeneration, and organogenesis. The number of successfully acclimatized micropropagated plants does not exceeds 20 per one explant. We believe that this approach might not be cost- and time-efficient enough for the production of *Petunia double* planting material. However, it is generally accepted as an effective



Figure 4. Cuttings of *Petunia hybrida* on an MS medium
(the 7th day of cultivation)



Figure 5. Establishment of the pot culture of *P. hybrida* regenerants

method for obtaining somaclonal variations in plant breeding.

The regenerated plants with well-developed roots acclimatized successfully and were transferred to pots with a soil substrate where they continued to grow under laboratory conditions. The soil substrate for root formation consisted of soil and vermiculite in the proportion 4:1. For more successful acclimatization, the regenerants were covered with plastic hoods (Figure 5).

The plants were kept under the plastic hoods for 14 days, and then the hoods were removed. The acclimatized plants grew and developed normally. The survival rate was high; the percentage of dead plants was 3.5%. Subsequently, the *Petunia hybrida* plants were transferred to flower beds in vivo, where they bloomed abundantly until the first frosts in autumn.

Conclusions

1. The optimal method for sterilizing the *Petunia hybrida* seeds used as the primary explants for the introduction into the *in vitro* culture was to treat them with bleach ACE diluted

with distilled water in the proportion 1:9 (the working solution contained 0.50% NaOCl) for 15 minute.

2. The *Petunia hybrida* regenerants showed a high growth and development rate on the hormone-free MS medium. The first leaves appeared on the 2nd-3rd day of cultivation. The initiation of axillary bud development and the formation of the first roots occurred on the 4th-5th day.

3. *Petunia hybrida* maintained a high regeneration rate for the whole passage. The obtained regenerants were characterized by good leaf coverage and rhizogenesis as well as a high reproductive rate (8.77).

4. The plant cuttings 7-10 mm in length with an axillary bud and two-three leaves developed successfully on the hormone-free MS medium. The survival rate was 100%. This method for micropropagating *Petunia hybrida* was proved to be effective.

5. The test tube plants of *Petunia hybrida* had a high survival rate on the soil substrate (the percentage of dead plants is 3.5%). This demonstrates the high plasticity of the culture.

Об авторах:

Светлана Александровна Боровая – аспирант, научный сотрудник, Лаборатория селекционно-генетических исследований полевых культур, автор для переписки, borovayasveta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7440-5129>

Наталья Геннадьевна Богинская – младший научный сотрудник, Лаборатория селекционно-генетических исследований полевых культур, boginskaia98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8844-8616>

About the Authors:

Svetlana A. Borovaya – Postgraduate Student, Researcher, the Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops, Corresponding Author, borovayasveta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7440-5129>

Natalia G. Boginskaya – Junior Researcher, the Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops, boginskaia98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8844-8616>

• Литература / References

- Hill K., Schaller G.E. Enhancing plant regeneration in tissue culture. *Plant Signaling & Behavior*. 2013;(8):10. <https://doi.org/10.4161/psb.25709>
- Ikeuchi M., Ogawa Y., Iwase A., Sugimoto K. Plant regeneration: Cellular origins and molecular mechanisms. *Development*. 2016;(143):1442–1451.
- Melnyk C.W., Meyerowitz E.M. Plant grafting. *Curr. Biol*. 2015;(25):183–188.
- Zhang H., Zhang T.T., Liu H., Shi D.Y., Wang M., Bie X.M., Li X.G., Zhang X.S. Thioredoxin mediated ROS homeostasis explains natural variation in plant regeneration. *Plant Physiol*. 2018;(176):2231–2250.
- Gomaa S.E., Esmail N.M. *In vitro* Preliminary Study on *Petunia hybrida* breeding under Sodium Chloride Stress Conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2015;4(4):867–872.
- Solano R., Nieto C., Avila J., Canas L., Diza I., Paz-Ares J. Dual DNA binding specificity of a petal epidermis – specific MYB transcription factor from *Petunia hybrida*. *EMBO J*. 1995;(14):1773–1784.
- Davies K.M., Bloor S.J., Spiller G.B., Deroles S.C. Production of yellow color in flowers: redirection of flavonoid biosynthesis in petunia. *PLANT J*. 1998;(13):259–266.
- Козлова Е.А. Совершенствование технологий выращивания, размножения и оценка декоративных качеств линий петунии гибридной (*Petunia x Hybrida* Vilm.). Москва, 2016. 26 с. [Kozlova E.A. Improvement of technologies for growing, reproduction and evaluation of the decorative qualities of hybrid petunia lines (*Petunia x Hybrida* Vilm.). Moscow, 2016. 26 p. (In Russ.)]
- Gerats T., Strommer J. Petunia. Evolutionary, developmental and physiological genetics. *Second Edition*. 2009. 435 p. <https://orcid.org/10.1007/978-0-387-84796-2>
- Angenent G.C., Franken J., Busscher M., Colombo L and van Tunen A.J. Petal and stamen formation in Petunia is regulated by the homeotic gene fbp1. *Plant J*. 1993;(4):101–112.
- Winkel-Shirley B. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiol*. 2001;(126):485–493.
- Souer E., Houwelingen A., Kloos D., Moland J., Koes R. The no apical meristem gene of Petunia is required for pattern formation in embryos and flowers and is expressed at meristem and primordial boundaries. *Cell*. 1996;(85):159–170.
- Farshad T., Hinkley C.S and Ramprasad N. A Comparison of DNA Extraction Methods using *Petunia hybrida* Tissues. *J. Biomolecular Techniques*. 2013;(24):113–118.
- Farooq I., Qadri Z.A., Rather Z.A., Nazki A.T., Banday N., Rafiq S., Masoodi K., Alotaibi S., Mansoor S. Optimization of an improved, efficient and rapid *in vitro* micropropagation protocol for *Petunia hybrida* Vilm. Cv. "Bravo". *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.018>.
- Habas R.R., Turker M., Ozdemir F.A. *In vitro* Multiple Shoot Regeneration from *Petunia hybrida*. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2019;7(10):1554–1560. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i10.1554-1560.2570>
- Begum S.S., Arundhati A. Study Of Phytohormone Autonomy In *In Vitro* In *Petunia Hybrida*. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2016;7(2):536–539. <http://www.bipublication.com>.
- Sharma A.K., Mitra G.C. *In vitro* culture of shoot apical meristem of *Petunia hybrida* for mass production of plants. *Indian journal of experimental biology*. 1976. P.348–350.
- Abu-Qaoud H., Abu-Rayya A., Yaish S. *In vitro* regeneration and somaclonal variation of *Petunia hybrida*. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2010;18(1):71–81.
- Rao P.S., Handro W., Harada H. Bud formation and embryo differentiation in *in vitro* cultures of Petunia. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*. 1973;69(1):87–90. [https://orcid.org/10.1016/S0044-328X\(73\)80156-4](https://orcid.org/10.1016/S0044-328X(73)80156-4)
- Dash S.N., Singhsamant P.K. Induction of plantlets and callus from shoot-tips of *Petunia hybrida* cultured *in vitro*. *Orissa Journal of Horticulture*. 1990;18(1-2):65–69.
- Beck M.J., Camper N.D. Shoot regeneration from petunia leaf discs as a function of explant size, configuration and benzyladenine exposure. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1991;26(2):101–106. <https://orcid.org/10.1007/BF00036113>
- Kulpa D., Nowak N. *In vitro* flowering of *Petunia atkinsiana* D. Don. *Folia Hort*. 2011;23(2):125–129.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 1962;(15):473–497. <https://orcid.org/10.1098/rstb.2000.0713>
- Dixon R.A., Gonzales R.A. (eds). Plant cell culture: a practical approach. Oxford University Press, New York Published by British Library Cataloguing in Publication. 1995. 250 p.
- Mishra A., Panday R.K., Sharma J.P., Kumar J. *In vitro* propagation of petunia (*Petunia hybrida*) var "Cascade Burgundy" through multiple shoot culture. *Environment and Ecology*. 2006;24S(1):109–111.
- Li F., Li C., Li M., Yu M., Fang C., Shenghua W. *In vitro* culture of *Petunia hybrida* microspores and *Agrobacterium*-mediated transient expression of β -glucuronidase (GUS) reporter gene. *Int. J. Agric. Biol*. 2013;(15):1098–1104.
- Burbulis N., Blinstrubiene A., Jonytiene V. *In vitro* regeneration from leaf explants of *Petunia hybrida* L. *Propagation of Ornamental Plants*. 2015;15(2):47–52.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-29-34>
УДК 635.63:632.527.8:631.544

И.Б. Коротцева*, С.Н. Белов

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: korottseva@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи.

Для цитирования: Коротцева И.Б., Белов С.Н. Селекция огурца на партенокарпию для весенних теплиц. *Овощи России*. 2022;(6):29-34.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-29-34>

Поступила в редакцию: 26.10.2022

Принята к печати: 14.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Irina B. Korottseva*, Sergey N. Belov

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

*Correspondence Author: korottseva@mail.ru

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Korottseva I.B., Belov S.N. Selection of cucumber for parthenocarpy for spring greenhouses. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):29-34. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-29-34>

Received: 26.10.2022

Accepted for publication: 14.11.2022

Published: 02.12.2022

Селекция огурца на партенокарпию для весенних теплиц



Резюме

Актуальность. В настоящее время в защищенном грунте основные площади занимают партенокарпические гибриды огурца иностранного происхождения. Поэтому селекция отечественных гибридов огурца партенокарпического типа весьма актуальна.

Материал и условия. Опыт был заложен в 2018-2022 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях весенней пленочной грунтовой теплицы типа «Блочная» на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО. Агротехника выращивания – общепринятая для условий весенних пленочных теплиц. В селекционных питомниках, где не было пчел, степень партенокарпии определяли, как отношение завязавшихся плодов к числу сформированных на растении женских цветков, в процентах. Учеты проводили с 5 по 20 узел включительно, только на растениях женского типа цветения жо-жз. На базе лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур было изучено 27 коллекционных и более 50 селекционных образцов огурца партенокарпического типа.

Результаты. В течение трех лет исследований по сумме хозяйственно полезных признаков были отобраны 7 гибридов огурца партенокарпического типа иностранной селекции. Эти гибриды отличались высокой степенью партенокарпии. С их участием, в результате многократных отборов и инцухта, было создано более 50-ти селекционных линий. Анализ полученного материала показал, что степень проявления партенокарпии на растении (среднее арифметическое между показателями партенокарпии на основном и боковых побегах) у лучшей половины образцов в 2021 году находилась в пределах 30-50%, тогда как в 2022 году достигала уже 50-70%. Коэффициент выраженности партенокарпии выше 70% был отмечен лишь в 2022 году у 4% образцов. Около половины образцов проявили довольно низкую партенокарпию: в 2021 году – не более 30%, а в 2022 году – не более 50%. Большинство из них были отбракованы. Партенокарпия лучших селекционных образцов в 2022 году, по сравнению с 2021 годом увеличилась в среднем на 17,7%. Селекционные линии, полученные даже из одного и того же коллекционного образца, зачастую сильно, иногда в 4 раза, различались между собой по степени партенокарпии. Семьи наиболее стабильных по степени партенокарпии образцов имели различия по этому признаку в 2021 году всего 3-6%, а в 2022 году – 10-11%. Ежегодно отбирали семьи с наибольшей выраженностью этого признака. Можно сделать вывод, что степень партенокарпии у огурца сильно зависит как от генотипа образца, так и от условий выращивания. Были отобраны 3 селекционных линии, отличающиеся высокими показателями степени проявления партенокарпии в 2021 году (61,5-70,5%) и стабильностью проявления этого признака по семьям и годам.

Ключевые слова: огурец, защищенный грунт, завязываемость, партенокарпия, линия, селекция

Selection of cucumber for parthenocarpy for spring greenhouses.

Abstract

Scientific relevance. Currently, in the protected ground, the main areas are occupied by parthenocarpic hybrids of cucumber of foreign origin. Therefore, the selection of domestic cucumber hybrids of the parthenocarpic type is very relevant.

Material and conditions. The experience was laid in 2018-2022 in the Odintsovo district of the Moscow region in the conditions of a spring film ground greenhouse of the "Block" type on the basis of the head institution of the FSBSI FSVC. Agrotechnics of cultivation is generally accepted for the conditions of spring film greenhouses. In breeding nurseries where there were no bees, the degree of parthenocarpy was determined as the ratio of the fruit set to the number of female flowers formed on the plant, as a percentage. The records were carried out from the 5th to the 20th node inclusive, only on plants of the female type of flowering. On the basis of the laboratory of breeding and seed production of pumpkin crops, 27 collectible and more than 50 breeding samples of parthenocarpic cucumber were studied.

Results. During three years of research, 7 hybrids of cucumber of the parthenocarpic type of foreign breeding were selected based on the sum of economically useful traits. These hybrids were distinguished by a high degree of parthenocarpy. With their participation, as a result of multiple selections and self-pollination, more than 50 breeding lines were created. Analysis of the obtained material showed that the degree of manifestation of parthenocarpy on the plant (the arithmetic mean between the indicators of parthenocarpy on the main and lateral shoots) in the best half of the samples in 2021 was in the range of 30-50%, whereas in 2022 it already reached 50-70%. The parthenocarpy severity coefficient above 70% was noted only in 2022 in 4% of samples. About half of the samples showed a fairly low parthenocarpy: in 2021 no more than 30%, and in 2022 no more than 50%. Most of them were rejected. The parthenocarpy of the best breeding samples in 2022, compared with 2021, increased by an average of 17.7%. Breeding lines obtained even from the same collection sample often differed greatly, sometimes by 4 times, in the degree of parthenocarpy. The families of the most stable parthenocarpy samples had differences on this basis in 2021 only 3-6%, and in 2022 – 10-11%. Families with the greatest severity of this trait were selected annually. It can be concluded that the degree of parthenocarpy in cucumber strongly depends on both the genotype of the sample and the growing conditions. 3 breeding lines were selected, characterized by high indicators of the degree of manifestation of parthenocarpy in 2021 (61.5-70.5%) and the stability of the manifestation of this trait by families and years.

Keywords: cucumber, protected ground, setting, parthenocarpy, line, breeding

Введение

В настоящее время основные площади под огурцом находятся в личных приусадебных хозяйствах, где растения выращивают зачастую в парниках или весенних пленочных теплицах [1]. Основные площади под огурцом в защищенном грунте занимают партенокарпические гибриды F₁ иностранного происхождения, такие как Герман F₁, Маша F₁, Меренга F₁, Монисия F₁, Артист F₁ и другие. Поэтому, несмотря на большое количество отечественных гибридов огурца партенокарпического типа в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ в 2022 году, селекция конкурентоспособных гибридов огурца для весенних пленочных теплиц и в настоящее время довольно актуальна.

Для открытого грунта, весенних пленочных теплиц и разного рода пленочных укрытий необходимы мелкоплодные партенокарпического типа гибриды огурца универсального назначения, которые пользуются большим спросом у овощеводов-любителей. Их преимущества по сравнению с пчелоопыляемыми гибридами заключаются в более высокой ранней урожайности, способности образовывать плоды без опыления в любую погоду (пасмурную, холодную, дождливую), при полном отсутствии пчел и других насекомых, необходимых для опыления пчелоопыляемых сортов.

Явление партенокарпии было впервые замечено в конце 1800-х годов [2]. В 1902 году Noll впервые ввел термин партенокарпия для огурцов, чтобы описать образование бессемянных плодов в отсутствие функционального опыления или других стимулирующих факторов [3].

Партенокарпия огурца контролируется генетически, но данные по наследованию этого признака весьма разноречивы. Одними из первых заинтересовались вопросом наследования этого признака у огурца Wellington R., Hawthorne L.R. Было отмечено, что гибриды между склонными и несклонными к партенокарпии сортами в F₁ не во всех случаях имели бессемянные плоды. Во втором поколении лишь отдельные плоды оказались партенокарпическими. Исходя из этого, был сделан вывод о неполном доминировании признака партенокарпии [4]. Впоследствии ряд ученых подтвердили эти выводы. Было показано, что партенокарпия у огурца контролируется геном "P" при неполном его доминировании. В гомозиготном состоянии "PP" растение образует партенокарпические плоды с самого начала. Гетерозиготные растения "Pp" начинают формировать партенокарпические плоды позже и в меньшем количестве, чем "PP". А гомозиготные рецессивные растения "pp" вообще не образуют партенокарпических плодов [5,6].

Другие исследователи предположили, что партенокарпия контролируется одним рецессивным геном [7–9]. Квасников и др., считают, что партенокарпия контролируется несколькими не полностью рецессивными генами [10].

Живницкой М.Д. и Гусевой Л.И. [11] было установлено, что партенокарпия у гибридов огурца первого поколения в значительной степени зависит от генотипов исходных форм, вовлеченных в гибридизацию. Проявление признака партенокарпии у гибридов первого поколения может варьировать от положительного гетерозиса до промежуточного проявления и даже отрицательного неполного доминирования. Генетический анализ Gou C. и др. подтвердил, что у разных экотипов огурца партенокарпия контролируется множеством локусов и генов, при их

неполном доминировании [12]. Результаты De Ponti, Garretsen и El-Shawaf, Baker также показали, что партенокарпия у этого вида может обуславливаться несколькими генами [13,14].

Несмотря на то, что партенокарпия контролируется генетически, это очень сложный признак, который изменяется в онтогенезе. По литературным данным плоды у огурца завязываются в нижних узлах хуже, чем в верхних. Завязывание плодов без опыления в значительной степени зависит от мощности растений, нагруженности их завязями [15,16]. Достаточное снабжение питательными веществами является необходимым условием для развития плодов [17].

Степень проявления партенокарпии в значительной степени зависит от условий выращивания: температуры, длины дня, освещенности, обеспеченности элементами питания [18–22]. Высокая температура подавляет инициацию партенокарпии, ингибируя синтез ауксина и гиббереллина в семяпочках огурца [23]. Было отмечено, что наименьшая степень отмирания завязей огурца отмечалась при некорневой обработке растений триптофаном – 14,0% [24]. Исследования показали, что условия короткого светового дня могут усиливать партенокарпию за счет повышения активности ауксина [25]. Максимальное количество растений, обладающих свойством партенокарпии, было отмечено в условиях короткого дня, высокой температуры и влажности, когда эти факторы действовали на признак совместно. Они были совершенно не эффективны при ином сочетании [26].

Поэтому при селекции огурца для весенних пленочных теплиц большое внимание уделялось степени партенокарпии.

Условия проведения опыта и материал.

Опыт был заложен в 2018–2022 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях весенней пленочной грунтовой теплицы типа «Блочная» на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО. Во все годы исследований посев проводили 05 мая. Рассадку огурца выращивали на стеллажах в пластиковых горшочках с торфосмесью объемом 0.7 л без искусственного досвечивания в рассадном отделении теплицы «Ришель». В фазе 2-х настоящих листьев рассада была высажена в грунт. Густота стояния растений – 2,8 шт./м².

Формировку растений проводили по общепринятой методике для партенокарпических гибридов преимущественно женского типа цветения [27]. Агротехника выращивания – общепринятая для условий весенних пленочных теплиц.

Было изучено 27 коллекционных образцов и 47 (2021 год), 55 (2022 год) селекционных линий огурца партенокарпического типа. Исследования проводили на селекционном материале огурца лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур ФГБНУ ФНЦО.

Для оценки агроклиматических условий 2021–2022 годов использовали данные метеорологической станции ФГБНУ ФНЦО. Следует отметить, что температура воздуха за все месяцы вегетации 2021 года была значительно выше среднегодовых значений, при этом максимум наблюдался в июле – 19,2°C, температура была выше среднегодовой (на 1,9°C) (табл. 1).

В 2022 году в мае температура воздуха была ниже среднегодовой на 1,9°C. Рассада огурца была высажена в

Таблица 1. Температура воздуха за вегетационный период 2021-2022 года, (метеостанция ФНЦО)
Table 1. Air temperature for the growing season 2021-2022, (FSBSI FSVC weather station)

Месяц	Температура, °С		Среднегоголетние значения, °С	Отклонение, °С	
	2021	2022		2021	2022
Май	13,8	10,0	11,9	+1,9	-1,9
Июнь	21,8	18,6	16,5	+5,3	+2,1
Июль	22,0	20,2	19,2	+2,8	+1
Август	19,4	22,3	16,1	+3,3	+6,2

начале третьей декады мая, когда температура уже начала повышаться, и растения в пленочной теплице не пострадали. В июле-августе температурные условия были выше среднегоголетних и довольно благоприятны для выращивания огурца.

Учет степени партенокарпии. При отсутствии опыления образование плодов у партенокарпических растений огурца зависит не только от степени партенокарпии, но и от количества пестичных цветков. Процент формирования плодов без опыления может служить относительным показателем партенокарпии для образцов, незначительно различающихся по количеству женских цветков в среднем на одно растение [16].

В селекционных питомниках, где не было пчел, показатель степени проявления партенокарпии определяли по формуле $P=A/B \times 100\%$, где А – количество партенокарпических плодов, выросших без опыления; В – количество изолированных цветков [13].

Учеты проводила с 5 по 20 узел включительно только на растениях женского типа цветения Ж₀-Ж₃.

Изучение исходного материала проводили по методикам ВНИИССОК [16] и ВИР [27]. Фенологические учёт и наблюдения – в течение всего вегетационного периода.

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием общепринятых математико-статистических методов с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 для Windows 10 и Statistika 7.0.

Результаты и их обсуждение

Селекционная работа по признаку «партенокарпия» была начата в 2017-2018 годах с подбора коллекционных образцов огурца, в основном гибридов партенокарпического типа как отечественной, так и зарубежной селекции, отличающихся высокой выраженностью партенокарпии. Были использованы наиболее популярные среди фермеров гибриды огурца. В процессе работы часть из них была отбракована. В результате были отобраны лучшие образцы, отличающиеся не только высокой степенью выраженности партенокарпии, но и комплексом хозяйственно полезных признаков (табл. 2).

На фоне других образцов самой высокой степенью партенокарпии обладал гибрид Эксельсиор – 62,3-73,2%. Следует отметить, что гибриды: Герман F₁, Адам F₁ и Эксельсиор F₁ отличались стабильно высокой партенокар-

Таблица 2. Степень проявления партенокарпии у коллекционных образцов огурца, %
Table 2. The degree of manifestation of parthenocarpy in collection samples of cucumber, %

Гибрид F ₁	Происхождение	Год		
		2018	2020	2021
Герман	Seminis	53.7	64.5	55.2
Монисия	Seminis	65.2	67.6	40.7
Адам	Bejo	57.8	60.4	55.6
Амур 1801	Bejo	75.6	33.6	30.3
Лист	Rijk Zwaan	81.5	54.0	56.9
Эксельсиор	Enza Zaden	72.7	62.3	73.2
СВ 4097	Seminis	50.8	32.7	66.1

пией. У образцов: СВ 4097 F₁, Амур F₁ и Лист F₁ этот признак в значительной степени зависел от года исследований, то есть от условий выращивания.

Лучшие коллекционные образцы были вовлечены в дальнейшую селекционную работу. Также был использован селекционный материал полученный ранее. Для изучения партенокарпии использовали выровненный материал, полученный в результате отборов и пяти и более инцухтирований.

Для анализа полученных данных селекционные образцы были объединены в группы, в зависимости от степени проявления партенокарпии. Степень проявления партенокарпии на растении (среднее арифметическое между показателями партенокарпии на основном и боковых побегах) у половины образцов (47 и 52%) в 2021 году находилась в пределах 30-50%, тогда как в 2022 году достигала уже 50-70% (рис. 1 и 2).

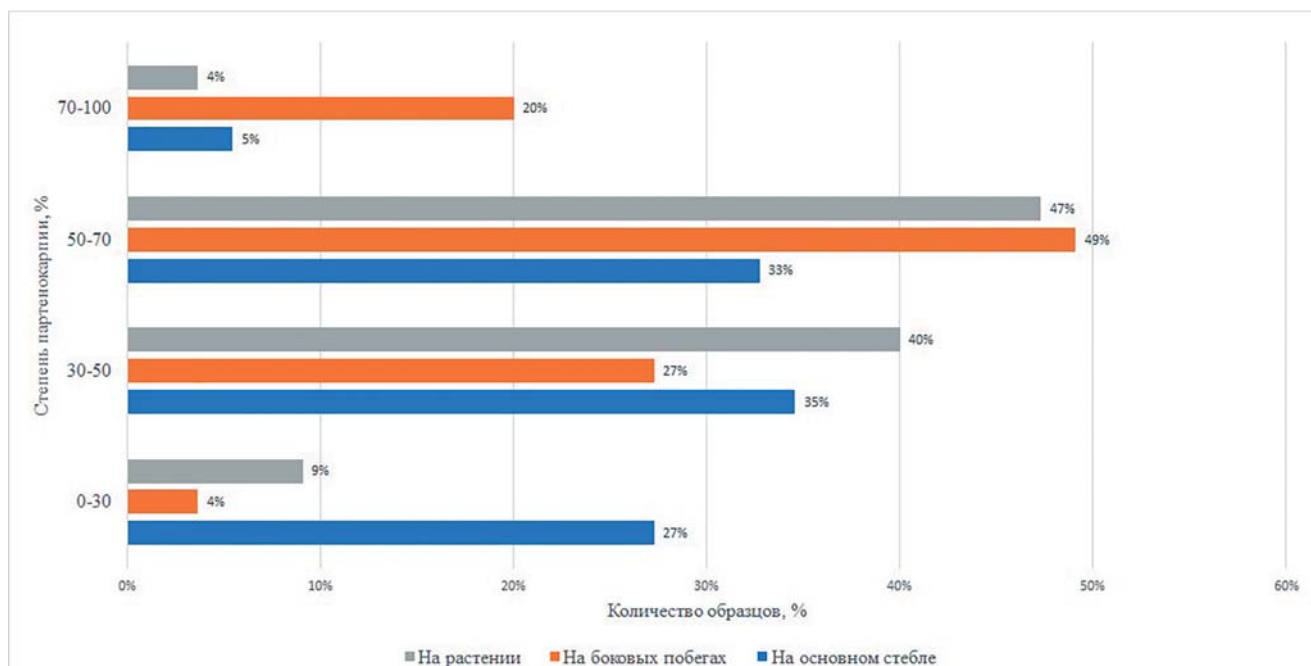


Рис. 1. Степень проявления партенокарпии у селекционных образцов огурца, весенняя не обогреваемая теплица, 2022 год

Fig. 1. The degree of manifestation of parthenocarp in cucumber breeding samples, spring unheated greenhouse, 2022

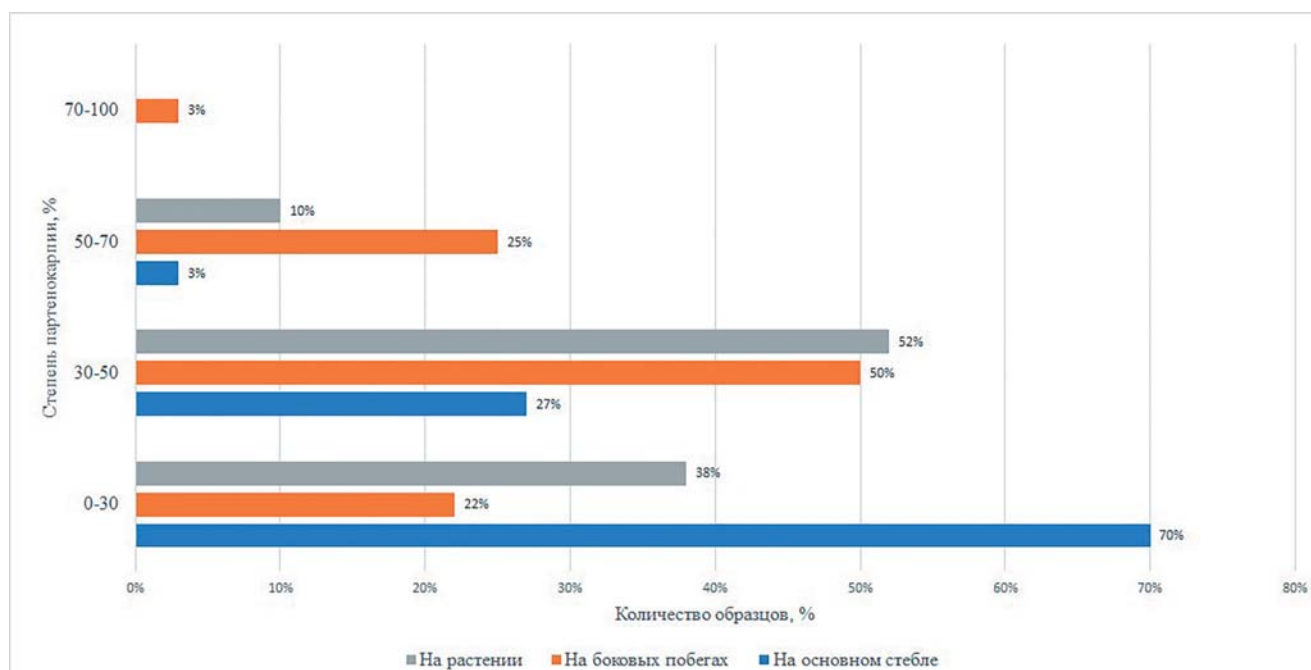


Рис. 2. Степень проявления партенокарпии у селекционных образцов огурца, весенняя не обогреваемая теплица, 2021 год

Fig. 2. The degree of manifestation of parthenocarp in cucumber breeding samples, spring unheated greenhouse, 2021

Степень проявления партенокарпии выше 70% была отмечена лишь в 2022 году у 4% образцов. Около половины образцов имели довольно слабую партенокарпию: в 2021 году – не более 30%, а в 2022 году – не более 50%. Большинство из них были отбракованы.

Как видно из рисунков 1 и 2, не зависимо от года исследований, на боковых побегах формировалось больше плодов, чем на основном. Около 50% растений на боковых побегах в 2021 году сформировали 30-50% плодов, а в 2022 – 50-70% плодов от количества сформированных завязей. На основном побеге в 2021 году у большинства (70%) селекционных образцов была отмечена очень низ-

кая степень партенокарпии – от 0 до 30%, тогда как в 2022 году такие показатели имели лишь 27% образцов. Очевидно, оказали влияние не только отбраковка образцов с самой низкой степенью партенокарпии, но и условия выращивания 2022 года.

Линии, полученные в результате отборов из одного и того же образца, зачастую сильно различались между собой по уровню партенокарпии. Были отобраны лучшие, которые и представлены в таблице 3.

Степень выраженности партенокарпии у лучших селекционных образцов в 2022 году, по сравнению с 2021 годом, увеличилась в среднем на 17,7%. Из 19 образцов у

Таблица 3. Степень проявления партенокарпии у лучших селекционных линий огурца, %
Table 3. The degree of manifestation of parthenocarpy in the best cucumber breeding lines, %

Линия	2021 год		2022 год		
	х сред	min-max	х сред	min-max	± к 2021 году
Престо F ₉₋₁₁	33.1	31.8-34.5	49.8	-	+ 16.7
Хасбулат F ₄₋₅	32.1	30.0-34.3	41.3	35.8-46.8	+ 9.2
Урано F ₅₋₆	46.5	43.4-49.5	62.21	57.2-67.2	+ 15.7
Пикник F ₅₋₆	38.2	-	48.5	-	+ 10.3
Адам F ₃₋₄	40.3	-	57.4	-	+ 17.1
Барс F ₆₋₇	38.8	-	52.8	47.5-58.1	+ 14.3
Гарм. F _{7,8}	38.7	26.0-51.4	54.4	45.7-63.1	+ 15.7
Мадита F _{5,6}	36.8	-	58.8	58.0-59.7	+ 22.0
Караоке к/б F ₅₋₇	45.4	-	57.1	50.6-63.6	+11.7
Караоке м/б F _{5,6}	40.2	-	50.5	47.8-53.2	+ 10.3
Эксель р/б F _{4,5}	45.9	-	61.5	58.7-64.4	+ 15.6
Эксель ч/б F _{4,5}	22.3	-	38.7	29.1-48.4	+ 16.4
Меренга F ₄₋₆	20.3	13.9-26.7	50.8	44.6-57.0	+ 30.5
Кабарет F _{5,6}	36.2	28.6-43.8	57.5	49.4-61.9	+ 21.4
Подмосковные вечера F _{7,8}	38.1	-	62.4	-	+ 24.3
Монисия м/б F _{3,4}	32.5	12.6-52.4	51.4	-	+18.9
Мамлюк F _{4,5}	30.1	-	59.0	-	+28.9
Герман F _{5,6}	34.4	-	70.5	-	+36.1
24-905 RZ F _{4,5}	66.1	-	67.1	63.7-70.5	+1.0

6 этот признак улучшился более чем на 20%. Очевидно, у этих образцов признак партенокарпии не стабилен и в значительной степени зависит от условий выращивания. Возможно, в условиях весенней пленочной теплицы более высокая температура воздуха в период налива плодов в июне и июле 2021 года, по сравнению с 2022 годом, привела к худшему наливу плодов.

У селекционных образцов отмечали различия по степени партенокарпии между семьями одного происхождения. Так у образца Монисия м/б F_{3,4} этот признак в 2021 году варьировал по семьям очень сильно – от 12,6 до 52,4%. Как видим, семьи с минимальными и максимальными значениями по степени выраженности партенокарпии различались между собой более чем в четыре раза. Другие образцы, такие как Престо F₉₋₁₁, Хасбулат F₄₋₅, Урано F₅₋₆, имели различия между семьями в 2021 году всего 3-6%, а в 2022 году – 10-11%. Были отобраны семьи с наибольшей выраженностью этого признака (рис. 3).

Самой высокой степенью партенокарпии в 2022 году обладали два селекционных образца: Герман F_{5,6} (70,5%) и 24-905 RZ F_{4,5} (67,1%). Однако у первого из них этот признак очень сильно (в 2 раза) изменялся в зависимости от года исследований, а у второго – отличался высокой стабильностью.

Наибольший интерес представляли образцы, имеющие стабильно высокие, не зависимо от года исследований, показатели по степени партенокарпии, такие как Урано F₅₋₆, Эксель р/б F_{4,5} и 24-905 RZ F_{4,5}.



Рис. 3. Селекционная линия огурца Эксель р/б
Fig. 3. Cucumber breeding line Axel r/b

Выводы

В течение трех лет исследований были отобраны 7 селекционных образцов огурца, отличающихся хорошим формированием плодов без опыления, на основе которых создано более 50 селекционных линий. Изучение этих линий по признаку «партенокарпия» показало, что зачастую степень выраженности партенокарпии сильно варьирует, не только в зависимости от генотипа образца, но и от условий выращивания. Были отобраны 3 линии, отличающиеся не только лучшей степенью выраженности партенокарпии в 2021 году (61,5-70,5%), но и стабильностью проявления этого признака по семьям и годам.

Об авторах:

Ирина Борисовна Коротцева – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства тыквенных культур, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, автор для переписки, korotseva@mail.ru
Сергей Николаевич Белов – м.н.с. лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции с.-х. растений, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, belov@vniissok.ru

About the Authors:

Irina B. Korotseva – Cand. Sci. (Agriculture), head of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops, <https://orcid.org/0000-0001-5108-3289>, Correspondence Author, korotseva@mail.ru
Sergey N. Belov – Junior Researcher of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>, belov@vniissok.ru

• Литература

1. Огурцы открытого грунта: площади и сборы в России в 2001-2020 гг. [электронный ресурс] / Экспертно-аналитический центр агробизнеса 'АБ-Центр' / Дата обращения: 02.10.2022. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/ogurcy-otkrytogo-grunta-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2020-gg>
2. Sturtevant E.L. Seedless Fruits. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*. 1890;1(4):141–85.
3. Noll F. Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. Universitäts-Buchdruckerei; 1902.
4. Wellington R., Hawthorne L.R. A parthenocarpic hybrid obtained from crossing an English force cucumber and an Arlington white root. *Proc. Amer. Op. Hort. The science*. 1928;(26):97–100.
5. Pike L.M., Peterson C.E. Inheritance of parthenocarp in the cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 1969;18(1):101–5. <https://doi.org/10.1007/BF000219876>
6. Pierce L.K., Wehner T.C. Gene list for cucumber. *Cucurbit Genet. Coop.* 1989;(12):91–103.
7. Мещеров Э.Т., Юлдашева Л.М. Партекарпия у огурца. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1974;51(2):204–213.
8. Hawthorn L.R., Wellington R. Geneva, a greenhouse cucumber that develops fruit without pollination. New York State Agricultural Experiment Station; 1930.
9. Юлдашева Л.М. Исходный материал для получения короткоплодных партекарпических гибридов огурца. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1971;45(1).
10. Квасников Б.В., Рогова Н.Т., Тараканова С.И., Игнатова С.И. Методы селекции овощных культур в закрытом грунте. *Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции*. Ленинград: ВИР. 1970;42(3):45–57.
11. Живницкая М.Д., Гусева Л.И. Партекарпия у гибридов огурца F₁ и ее наследование в расщепляющихся популяциях. *Сельскохозяйственная биология*. 1983;(12):24–26.
12. Gou C., Zhu P., Meng Y., Yang F., Xu Y., Xia P., et al. Evaluation and genetic analysis of parthenocarpic germplasms in cucumber. *Genes*. 2022;13(2):225. <https://doi.org/10.3390/genes13020225>
13. De Ponti O.M.B., Garretsen F. Inheritance of parthenocarp in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters. *Euphytica*. Jan 1, 1976;25(1):633–42. <https://doi.org/10.1007/BF00041600>
14. El-Shawaf I.I.S., Baker L.R. Inheritance of parthenocarpic yield in gynoecious pickling cucumber for once-over mechanical harvest by diallel analysis of six gynoecious lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1981;106(3):359–64. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.3.359>
15. Вишневецкая Г.И., Рогова Н.Т. Методика определения степени партекарпии у огурцов. *Труды НИИССХ Крайнего Севера*. 1969;(17):220.
16. Рекомендации и методические указания по селекции и семеноводству огурца. Москва: ВНИИССОК; 1999. 243 с.
17. Tian Z., Jahn M., Qin X., Obel H.O., Yang F., Li J., et al. Genetic and Transcriptomic Analysis Reveal the Molecular Basis of Photoperiod-Regulated Flowering in Xishuangbanna Cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannensis* Qi et Yuan). *Genes*. 2021;12(7):1064. <https://doi.org/10.3390/genes12071064>
18. Блинова Т., Цуркан Т. Изучение партекарпии новых гибридов огурца в условиях необогреваемой пленочной теплицы. *Биотехнологии авсанте-реализări și perspective*. 2016. С.138–139.
19. Гладышко С.Н. Создание исходного материала для селекции огурца для открытого грунта Нечерноземной зоны России [кандидат наук]. [Москва]: ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур; 2002. 183 с.
20. Леонова А.В. Партекарпия и ее значение в селекции огурца [кандидат наук]. [Санкт-Петербург]: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет; 2000. 116 с.
21. Масловская Е.М., Бирюкова Н.К. Влияние условий выращивания на проявление партекарпии огурца. Сб. Селекция, семеноводство и биотехнология овощных и бахчевых культур. Доклады 3-й международной конференции, посвященной памяти Б.В. Квасникова. Москва; 2003. С. 302–304.
22. Налобова В.Л., Хлебобородов А.Я. Селекция и семеноводство огурца открытого грунта. Минск: Издательский дом "Белорусская наука"; 2012. 244 с.
23. Matlob A.N., Kelly W.C. Growth regulator activity and parthenocarpic fruit production in snake melon and cucumber grown at high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1975;100(4):406–9. <https://doi.org/10.21273/JASHS.100.4.406>
24. Rudich J., Baker L., Sell H. Parthenocarp in *Cucumis sativus* L. as affected by genetic parthenocarp, thermo-photoperiod, and femaleness. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1977;102(2):225–8. <https://doi.org/10.21273/JASHS.102.2.225>
25. Селиванова М.В., Е. С. Романенко Т.С. Айсанов Е.С. Миронова Влияние антистрессантов на продуктивность тепличного огурца. *Сельскохозяйственный журнал*. 2020;5(13):42–48. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.5.13.2020>. EDN MFDSNE.
26. Россов Н.Б., Сидорский А.Г., Деев С.В. Наследование партекарпии у огурцов. 3-й Съезд Всес. об-ва генетиков и селекцион. им. Н.И. Вавилова. Ленинград; 1977.
27. ВИР. Методические указания по селекции овощных культур. Санкт-Петербург; 1983.

• References

1. Open ground cucumbers: areas and collections in Russia in 2001-2020. [electronic resource] / Expert-analytical center of agribusiness 'AB-Center' / Date of access: 02.10.2022. Access mode: <https://ab-centre.ru/news/ogurcy-otkrytogo-grunta-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2020-gg>
2. Sturtevant E.L. Seedless Fruits. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*. 1890;1(4):141–85.
3. Noll F. Über Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. Universitäts-Buchdruckerei; 1902.
4. Wellington R., Hawthorne L.R. A parthenocarpic hybrid obtained from crossing an English force cucumber and an Arlington white root. *Proc. Amer. Op. Hort. The science*. 1928;(26):97–100.
5. Pike L.M., Peterson C.E. Inheritance of parthenocarp in the cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 1969;18(1):101–5. <https://doi.org/10.1007/BF000219876>
6. Pierce L.K., Wehner T.C. Gene list for cucumber. *Cucurbit. Genet. Coop.* 1989;(12):91–103.
7. Meshcherov E., Yuldasheva L. Parthenocarp in cucumber. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1974;51(2):204–213. (In Russ.)
8. Hawthorn L.R., Wellington R. Geneva, a greenhouse cucumber that develops fruit without pollination. New York State Agricultural Experiment Station; 1930.
9. Yuldasheva L.M. Source material for obtaining short-fruited parthenocarpic cucumber hybrids. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1971;45(1). (In Russ.)
10. Kvasnikov B.V., Rogova N.T., Tarakanova S.I., Ignatova S.I. Methods of breeding vegetables for growing under cover. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 1970;42(3):45–57. (In Russ.)
11. Zhivnitskaya M.D., Guseva L.I. Parthenocarp in F₁ cucumber hybrids and its inheritance in splitting populations. *Agricultural biology*. 1983;(12):24–26. (In Russ.)
12. Gou C., Zhu P., Meng Y., Yang F., Xu Y., Xia P., et al. Evaluation and genetic analysis of parthenocarpic germplasms in cucumber. *Genes*. 2022;13(2):225. <https://doi.org/10.3390/genes13020225>
13. De Ponti O.M.B., Garretsen F. Inheritance of parthenocarp in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters. *Euphytica*. Jan 1, 1976;25(1):633–42. <https://doi.org/10.1007/BF00041600>
14. El-Shawaf I.I.S., Baker L.R. Inheritance of parthenocarpic yield in gynoecious pickling cucumber for once-over mechanical harvest by diallel analysis of six gynoecious lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1981;106(3):359–64. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.3.359>
15. Vishnevskaya G.I., Rogova N.T. Method for determining the degree of parthenocarp in cucumbers. *Proceedings of the Research Institute of Agriculture of the Far North*. 1969;(17):220. (In Russ.)
16. Recommendations and guidelines for breeding and seed production of cucumber. Moscow: VNISSOK; 1999. 243 p. (In Russ.)
17. Tian Z., Jahn M., Qin X., Obel H.O., Yang F., Li J., et al. Genetic and Transcriptomic Analysis Reveal the Molecular Basis of Photoperiod-Regulated Flowering in Xishuangbanna Cucumber (*Cucumis sativus* L. var. *xishuangbannensis* Qi et Yuan). *Genes*. 2021;12(7):1064. <https://doi.org/10.3390/genes12071064>
18. Blinova T., Tsurkan T. The study of parthenocarp of new cucumber hybrids in an unheated film greenhouse. *Biotehnologii avsanate-realizări și perspective*. 2016. 138–139 p.
19. Gladysheko S.N. Creation of initial material for cucumber breeding for the open ground of the Non-Chernozem zone of Russia [Ph.D.]. [Moscow]: All-Russian Research Institute of Selection and Seed Production of Vegetable Crops; 2002. 183 p. (In Russ.)
20. Leonova A.V. Parthenocarp and its importance in cucumber breeding [Ph.D.]. [St. Petersburg]: St. Petersburg State Agrarian University; 2000. 116 p. (In Russ.)
21. Maslovskaya E.M., Biryukova N.K. Influence of growing conditions on the manifestation of cucumber parthenocarp. *Breeding, seed production and biotechnology of vegetable and melon crops. Reports of the 3rd international conference dedicated to the memory of B.V. Kvasnikov*. Moscow; 2003. P. 302–304. (In Russ.)
22. Nalobova V.L., Khleborodov A.Y. Breeding and seed growing of open ground cucumber. Minsk: Publishing House "Belarusian Science"; 2012. 244 p. (In Russ.)
23. Matlob A.N., Kelly W.C. Growth regulator activity and parthenocarpic fruit production in snake melon and cucumber grown at high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1975;100(4):406–9. <https://doi.org/10.21273/JASHS.100.4.406>
24. Rudich J., Baker L., Sell H. Parthenocarp in *Cucumis sativus* L. as affected by genetic parthenocarp, thermo-photoperiod, and femaleness. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1977;102(2):225–8. <https://doi.org/10.21273/JASHS.102.2.225>
25. Selivanova M.V., Romanenko E.S., Aisanov T., Mironova E.S. The influence of anti-stress fertilizers on the productivity of greenhouse cucumber. *Agricultural Journal*. 2020;5(13):42–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.5.13.2020>. EDN MFDSNE.
26. Rossow N.B., Sidorovskiy A.G., Deev S.V. Inheritance of parthenocarp in cucumbers. 3rd Congress of the All. Society of Geneticists and Breeding. them. N.I. Vavilova. Leningrad; 1977. (In Russ.)
27. VIR. Guidelines for the selection of vegetable crops. St. Petersburg; 1983. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-35-39>
УДК 635.64:631.526.32:631.524.86

И.Н. Шамшин*, А.С. Ильичев, Е.В. Грошева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ)
393760, Российская Федерация, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101

*Автор для переписки:
Ivan_Shamshin@mail.ru

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ № 122021800376-2.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи. Для цитирования: Шамшин И.Н., Ильичев А.С., Грошева Е.В. Оценка внутрисортного полиморфизма генов устойчивости к грибным болезням томата у сортов селекции Мичуринского ГАУ. *Овощи России*. 2022;(6):35-39.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-35-39>

Поступила в редакцию: 09.11.2022

Принята к печати: 15.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Ivan N. Shamshin*,
Aleksey S. Ilyichev, Ekaterina V. Grosheva

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Michurinsky State Agrarian University"
101, street International, Michurinsk, Tambov region, Russian Federation, 393760

*Correspondence Author:
Ivan_Shamshin@mail.ru

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 122021800376-2.

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Shamshin I.N., Ilyichev A.S., Grosheva E.V. Evaluation of intravarietal polymorphism of tomato fungal disease resistance genes in Michurinsky State Agrarian University breeding varieties. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):35-39. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-35-39>

Received: 09.11.2022

Accepted for publication: 15.11.2022

Published: 02.12.2022

Оценка внутрисортного полиморфизма генов устойчивости к грибным болезням томата у сортов селекции Мичуринского ГАУ



Резюме

Цель. Исследования направлены на оценку внутрисортного аллельного разнообразия генов устойчивости к фузариозу и кладоспориозу томата сортов селекции Мичуринского ГАУ с использованием молекулярных маркеров.

Методология. Биологическими объектами исследования являются сорта томата селекции Мичуринского ГАУ. Всего проанализировано 10 сортов. Оценка внутрисортного полиморфизма определялась на выборке из 10 растений каждого сорта. Экстрагирование ДНК было проведено с использованием набора для экстрагирования ДНК Quick-DNA Plant/Seed Miniprep Kit (Zymo Research, USA) согласно протоколу производителя. Для идентификации гена устойчивости к кладоспориозу *Cf-19* использовали ДНК-маркер P7. Наличие гена устойчивости к фузариозному увяданию *I-2* определяли с помощью маркера *I-2/5*. Визуализацию результатов амплификации осуществляли с помощью электрофореза в 2% агарозном геле.

Результаты. Было проанализировано по 10 растений 10 сортов томата селекции Мичуринского ГАУ с использованием молекулярных маркеров генов устойчивости к кладоспориозу и фузариозу. Проведена оценка внутрисортного полиморфизма. У большинства исследуемых сортов анализируемые гены идентифицированы в гетерозиготном состоянии. По гену *I-2* выявлены три сорта (Виват, Каротинка, Красавец), содержащих в генотипе только аллели восприимчивости к возбудителю заболевания. Отмечены отдельные образцы гомозиготные по аллелю устойчивости к фузариозу. Анализ гена *Cf-19* устойчивости к кладоспориозу показал, что большинство исследуемых сортов являются гетерозиготными формами. У части сортов все десять растений были гетерозиготны. К ним относятся Красавец, Виват, Орлик, Буй-Тур. Остальные образцы имели различный аллельный состав. Аллель устойчивости к возбудителю был идентифицирован у растений сорта Непрядва и Черныш. Доминантный аллель в гомозиготном состоянии выявлен у сорта Япончик. При этом все анализируемые растения этого сорта были однообразны.

Заключение. Установлено, что значительная часть сортов томата селекции Мичуринского ГАУ является полиморфной по генам устойчивости к кладоспориозу и фузариозу. При этом значительная часть сортов может быть использована в селекции при проведении предварительного молекулярного анализа. По гену устойчивости к фузариозу выделены следующие сорта источники аллеля устойчивости: Сокол, Непрядва, Япончик, Орлик, Золотничок, Черныш. У них ген *I-2* представлен в гетерозиготном состоянии. Внутрисортной полиморфизм отмечен и для гена *Cf-19*. Большинство образцов имеют два аллеля. Исключение составляет сорт Япончик, который является доминантной гомозиготой по данному гену.

Ключевые слова: томат, маркер-опосредованная селекция, *Cladosporium fulvum*, *Fusarium oxysporum*, ДНК-маркер

Evaluation of intravarietal polymorphism of tomato fungal disease resistance genes in Michurinsky State Agrarian University breeding varieties

Summary

Relevance. The studies are aimed at assessing the intravarietal allelic diversity of genes for resistance to fusariosis and cladosporiosis of tomato cultivars bred at the Michurinsky State Agrarian University using molecular markers.

Methods. The biological objects of the study are tomato varieties bred at the Michurinsky State Agrarian University. A total of 10 varieties were analyzed. The assessment of intravarietal polymorphism was determined on a sample of 10 plants of each variety. DNA extraction was performed using a Quick-DNA Plant/Seed Miniprep Kit (Zymo Research, USA) for DNA extraction according to the manufacturer's protocol. The P7 DNA marker was used to identify the cladosporiosis resistance gene *Cf-19*. The presence of the fusarium wilt resistance gene *I-2* was determined using the marker *I-2/5*. Amplification results were visualized by electrophoresis in 2% agarose gel.

Results. 10 plants of 10 varieties of Michurinsky GAU selection tomato were analyzed using molecular markers of genes for resistance to cladosporiosis and fusariosis. An assessment of intravarietal polymorphism was carried out. In most of the varieties studied, the genes analyzed are identified in a heterozygous state. Three varieties (Vivat, Carotinka, Krasavets) containing only alleles of susceptibility to the causative agent of the disease in the genotype *I-2* identified by the gene. Individual samples were homozygous for the fusariosis resistance allele.

Analysis of the gene for *Cf-19* resistance to cladosporiosis showed that most of the varieties studied are heterozygous forms. In some varieties, all ten plants were heterozygous. These include Krasavets, Vivat, Orlik, Bui Tour. The remaining samples had different allelic compositions. The pathogen resistance allele has been identified in plants of the Nepryadva and Chernysh varieties. The dominant allele in the homozygous state was detected in the Japanese variety. At the same time, all the analyzed plants of this variety were monotonous.

Conclusion. It has been established, but a significant part of the varieties of tomato selection of Michurinsky GAU is polymorphic in the genes for resistance to cladosporiosis and fusariosis. In this case, a significant part of the varieties can be used in selection during preliminary molecular analysis.

According to the gene for resistance to fusariosis, the following varieties are identified sources of the resistance allele: Sokol, Nepryadva, Yaponchik, Orlik, Zolotnichok, Chernysh. In them, the gene is *I-2* represented in a heterozygous state. Intraortic polymorphism was also noted for the *Cf-19* gene. Most samples have two alleles. The exception is the Japanese variety, which is the dominant homozygote for this gene.

Keywords: tomato, marker-mediated selection, *Cladosporium fulvum*, *Fusarium oxysporum*, DNA marker

Введение

Современный процесс селекции базируется на знаниях фундаментальных аспектов наследования ключевых признаков растений, поэтому широкое распространение получили методы маркер-опосредованной селекции. ДНК-маркеры позволяют ускорить анализ генетических коллекций и отобрать источники ценных генов. Это дает возможность вести отбор не только по внешнему проявлению признака, но и опираясь на знания о закономерностях его наследования. Маркерная селекция может быть успешно применена для создания устойчивых форм томата.

Для создания новых генотипов чаще используют исходные формы с комплексом значимых признаков. При этом отдельные гены, в том числе гены устойчивости, могут находиться в рецессивном гомозиготном состоянии или гетерозиготе. Поэтому одной из задач отбора исходных форм является анализ генетической однородности сорта. Это позволяет избежать предварительной оценки растений одного сорта перед гибридизацией.

К числу наиболее распространенных болезней томата, снижающих урожайность плодов, относятся кладоспориоз. Это грибное заболевание, возбудителем которого является *Cladosporium fulvum* Cooke. Он поражает как плоды, так и само растение, вызывая его гибель. Создание устойчивых сортов и гибридов – одно из основных направлений селекционной работы.

Исследователи отмечают, что у дикорастущих видов идентифицировано более 20 генов семейства *Cf*, дающие устойчивость к данному заболеванию. В культурные сорта были интродуцированы гены *Cf-1* – *Cf-9* [1].

Работа по маркированию генов устойчивости к *C. fulvum* начата с появлением первых ДНК-маркеров. Исследования были сосредоточены на картировании отдельных хромосом томата и нанесении на них маркеров генов *Cf*. Так, на коротком плече хромосомы 1 идентифицированы два RFLP-маркера TG236 и GP46, расположенные в 5 сМ от генов *Cf-4* и *Cf-9* [2]. На хромосоме 6 картированы гены *Cf-2* и *Cf-5*. Для них идентифицированы RFLP-маркеры CT119 и GP79 [3]. Ряд маркеров AFLP идентифицирован для гена *Cf-9* [4].

Однако эти маркеры являются мультилокусными. Использование их в анализе является трудоемким и требует значительных затрат времени. Наибольшую ценность для маркер-опосредованной селекции имеют маркеры уникальных последовательностей ДНК (доминантные и кодоминантные маркеры) способные выявлять аллельное состояние генов. Большинство таких маркеров разработаны для генов способных придавать устойчивость к нескольким расам возбудителя заболевания. К таким генам относится *Cf-10*. Ning и коллеги идентифицировали микросателлитный маркер LEtaa001, расположенный на расстоянии 9,7 сМ от гена и дающий возможность различать гомо и гетерозиготные растения [5]. SCAR-маркеры выявлены и для гена *Cf-9*. Маркеры 8F/10R и 8F/12R были апробированы на 42 линиях томата и 59 гибридах F_1 и показали свою актуальность для маркерного отбора [6]. Наибольший интерес представляет ген *Cf-19*. Установлено, что он является доминантным и индуцирует сверхчувствительность у растений томатов, инокулированных 1–4 физиологическими расами *C. fulvum*. Для идентификации гена *Cf-19* и скрининга генетических коллекций томата был создан молекулярный маркер P7. Этот

маркер был протестирован на растениях F_2 и различных линиях F_3 томата, его достоверность в идентификации генотипа достаточна для маркер-опосредованной селекции [7].

Еще одним грибной болезнью томата, наносящим значительный ущерб, является фузариоз. Возбудитель фузариоза почвенный гриб *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Гриб инфицирует растения через корни посредством прямого внедрения или через раны. После этого происходит заселение ксилемной ткани растения и вызывает его гибель [8].

В культурные сорта томата интродуцированы три гена устойчивости к болезни – *I-1*, *I-2*, *I-3*. Гены *I-1* и *I-2* локализованы на 11 хромосоме и получены от *S. pimpinellifolium*. Они обеспечивают устойчивость к расам 1 и 2 соответственно. Ген *I-3*, идентифицированный на 7 хромосоме, впервые выявлен у вида *S. pennellii*. Он создает резистентность к расам 1–3 возбудителя [9].

Для идентификации генов устойчивости разрабатываются ДНК-маркеры, способствующие ускорению создания иммунных генотипов.

Наиболее актуальна разработка кодоминантных маркеров, в частности маркера гена *I-2*, обеспечивающего невосприимчивость к большому количеству рас возбудителя. Такие работы были проведены и идентифицированы несколько CAPS-маркеров на хромосоме 11 томата. Однако часть из них была на значительном расстоянии от идентифицируемого гена [10]. Для отбора устойчивых форм был разработан маркер TAO1, с помощью которого было проведено генотипирование 100 контрастных форм [11]. Он был так же использован при анализе линий, сортов и гибридов томата турецкой селекции [12, 13]. Еще одним маркером, рекомендованным для селекции, является *I-2/5* [14]. Его успешно применяют для анализа исходного материала в Республике Беларусь [15, 16], России [17], [18]. Он позволяет проводить оценку аллельного состояния гена *I-2* и отбирать источники устойчивости для селекции.

Большинство работ с использованием маркеров генов устойчивости к кладоспориозу и фузариозу томата сосредоточены на анализе генетических коллекций сортов и гибридов. Работ по оценке внутрисортного полиморфизма отдельных сортов недостаточно. Это и послужило основой для выбора темы нашего исследования.

В Мичуринском ГАУ работа по селекции томата ведется на протяжении нескольких десятилетий. Создано более 10 сортов для открытого грунта. Однако исследований, полученных сортов, с использованием молекулярных маркеров практически не проводилось. Для определения возможности использования в качестве исходных форм в селекции на устойчивость к грибным болезням, необходима оценка аллельного разнообразия по селектируемым генам. Это облегчает поиск генетических источников ценных признаков. Ранее нами проведена работа по идентификации генов устойчивости к грибным болезням среди наших сортов [18]. Однако аллельное разнообразие внутри одного генотипа не было оценено. Для работы были отобраны наиболее распространенные в Центрально-черноземном регионе сорта селекции университета. Два сорта из них уже используются в селекционном процессе как доноры ряда ценных признаков [18]. Поэтому целью нашей

работы является анализ внутрисортного полиморфизма сортов томата селекции Мичуринского ГАУ по генам устойчивости к кладоспориозу и фузариозу с использованием молекулярных маркеров.

Материалы и методы

Работа выполнена на базе учебно-исследовательского тепличного комплекса и лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений Мичуринского ГАУ. Растения томата культивировались в торфо-почвенной смеси в емкостях объемом 7 литров в условиях поликарбонатного укрытия. Были проанализированы по десять

следующие фрагменты: фрагмент размером 633 пары нуклеотидов (п.н.) свидетельствующий о наличии аллеля устойчивости, фрагмент размером 693 п.н., выявляет восприимчивость к возбудителю болезни. Нередко данный фрагмент амплифицируется в паре с фрагментом 760 п.н., также свидетельствующий о неустойчивости генотипа. Наличие всех трех фрагментов (760, 693 и 633 п.н.) говорит о гетерозиготном состоянии анализируемого гена [14, 15, 19].

В ходе анализа сортов селекции Мичуринского ГАУ установлено, что большинство образцов являются

Таблице 1. Нуклеотидная последовательность праймерных пар используемых в работе
Table 1. Nucleotide sequence of primer pairs used in the work

Название	Прямая последовательность Direct sequence	Обратная последовательность Reverse sequence
P7	AGTGCAGAAATGGGTTGTGTA	CCGGAGATCAAGCTCAACCA
I-2/5	CAAGGAACTGCGTCTGTCTG	ATGAGCAATTTGTGGCCAGT

растений каждого сорта. Всего проанализировано 10 сортов томата селекции Мичуринского ГАУ - Красавец, Буй-Тур, Япончик, Каротинка, Сокол, Орлик, Непрядва, Золотничок, Виват, Черныш.

Экстрагирование ДНК было проведено с использованием набора для экстрагирования ДНК Quick-DNA Plant/Seed Miniprep Kit (Zymo Research, USA) согласно протоколу производителя.

Для оценки полиморфизма использованы молекулярные маркеры гена устойчивости к фузариозу (I-2) [14] и кладоспориозу [7] томата. Последовательность праймерных пар представлена в таблице 1.

Реакционная смесь для ПЦР со всеми праймерами объемом 15 мкл содержала: 20 нг ДНК, 1,5 мМ dNTP, 2,5 мМ MgSO₄, 10 пМ каждого праймера, 1 ед. Таq-полимеразы и 10х стандартного ПЦР-буфера. Реакцию для обоих пар праймеров проводили в приборе SimpliAmp (Life Technology) по программе:

- для маркера P7 - 94°C - 4 мин, 35 циклов 94°C - 30 с, 60°C - 30 с, 72°C - 1 мин и финальная элонгация в течение 7 мин при 72°C;

- для маркера I-2/5 - 5 мин 94°C, 35 циклов 30 с 94°C, 30 с 55°C, 1 мин 72°C и финальная элонгация в течение 7 мин при 72°C.

Результаты амплификации разделялись путем электрофореза в 2% агарозном геле. После электрофореза гель анализировали в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора.

Результаты исследований и обсуждения

Для определения внутрисортного полиморфизма по генам устойчивости к грибным болезням были взяты 10 растений каждого сорта. Для идентификации гена I-2 устойчивости к фузариозу был использован маркер I-2/5. Этот маркер был апробирован нами в предыдущих работах и показал хорошо воспроизводимые результаты. Его широко используют для анализа томатных линий и гибридного потомства [15, 17]. В результате работы были получены четкие, воспроизводимые в ряде повторности результаты.

Согласно авторам оригинальной статьи [14] при амплификации с маркером I-2/5 могут быть выявлены

гетерозиготами. Наиболее часто встречается комбинация фрагментов 693 и 633 п.н. как, например, у сорта Орлик где все 10 образцов имеют оба аллеля (рис. 1).

У отдельных сортов, таких как Каротинка, Черныш и Виват наряду с аллелем устойчивости (693 п.н.) амплифицируется фрагмент размером 760 п.н. При этом все анализируемые растения сорта Виват имеют такой аллельный состав. У сорта Черныш выявлен один образец, имеющий все три фрагмента.

Идентифицированы сорта, у которых амплифицируется только один фрагмент. Среди них можно выделить сорт Буй-Тур. Из 10 анализируемых растений этого сорта у всех выявлен только фрагмент размером 693 п.н., соответствующий рецессивному аллелю. Это свидетельствует о восприимчивости его к фузариозу. Этот фрагмент идентифицирован также у одного образца сорта Черныш и двух образцов сорта Непрядва. Аллель, соответствующий устойчивому генотипу в гомозиготной форме, отмечен у одного растения сорта Непрядва. В табл. 2 показано распределение аллелей у растений томата изучаемых сортов.

Анализ полученных данных показывает, что у сортов селекции Мичуринского ГАУ присутствует внутрисортный полиморфизм по гену I-2 устойчивости к фузариозу.

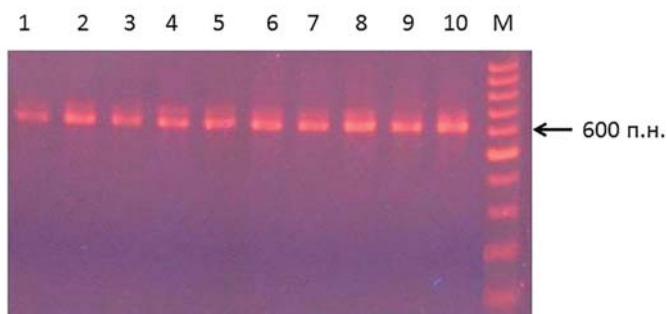


Рис. 1. Результаты анализа внутрисортного полиморфизма сорта Орлик по гену I-2
1 – 10 – растения томата сорта Орлик, М – маркер молекулярного размера 100 п.н.

Fig. 1. Results of analysis of the intrasortal polymorphism of the Orlyk variety by gene I-2
1 - 10 - plants of Orlyk tomato, M - 100 bp molecular size marker

Таблица 2. Распределение аллелей гена I-2 у растений томата селекции Мичуринского ГАУ
Table 2. Distribution of alleles of the I-2 gene in tomato plants of Michurinsky GAU selection

№ п/п	Название сорта Variety name	Количество растений с фрагментом (шт.) Number of plants with a fragment			
		633 п.н. 633 bp.	693 п.н. 693 bp.	633/693 п.н. 633/693 bp.	693/760 п.н. 693/760 bp.
1	Сокол		2	8	
2	Каротинка		1		9
3	Непряда	1	2	7	
4	Япончик		1	9	
5	Красавец		2		8
6	Виват				10
7	Орлик			10	
8	Золотничок		5	5	
9	Буй-Тур		10		
10	Черныш		1	5	4

Большинство растений гетерозиготны и имеют оба аллеля. Отмечены образцы, которые содержат только аллели восприимчивости (Виват, Каротинка, Красавец). Однако, большинство сортов (Сокол, Непрядва, Япончик, Орлик, Золотничок, Черныш) являются гетерозиготами с аллелем устойчивости. Использовать такие образцы в качестве исходных форм можно, но предварительно проанализировав каждое растение из большой выборки перед гибридизацией.

В проводимой нами селекционной работе мы анализировали отдельные растения перед гибридизацией для получения устойчивого сорта [18]. Так нами была использована комбинация скрещивания Красавец × Сибирский тигр. Был проведен поиск растений исходных сортов с аллелем устойчивости (фрагмент размером 633 п.н.) непосредственно перед опылением. Идентифицированы гетерозиготные образцы, которые были использованы в качестве родительских форм. Полученные гибриды имели ген устойчивости.

Анализ гена *Cf-19* устойчивости к кладоспориозу показал следующие результаты. При амплификации с праймером P7 синтезируется два фрагмента размером 250 п.н. и 300 п.н. Устойчивые генотипы томата имеют фрагмент 300 п.н., неустойчивые – 250 п.н. [7]. Для большинства исследуемых сортов отмечены гетерозиготные формы, т.е. имеющие оба аллеля в своем генотипе. У части сортов все десять растений были гетерозиготны. К ним относятся Красавец, Виват,

Орлик, Буй-Тур. Остальные образцы имели различный аллельный состав. Распределение аллелей у растений томата селекции Мичуринского ГАУ отмечены в таблице 3.

Анализ результатов показывает, что среди растений отдельных сортов были идентифицированы гомозиготные формы. Так у сортов Сокол, Каротинка и Золотничок из 10 растений два были гомозиготны по рецессивному аллелю, а остальные гетерозиготны. Фрагмент 250 п.н. был идентифицирован у растений сорта Непрядва и Черныш. Доминантный аллель в гомозиготном состоянии выявлен у

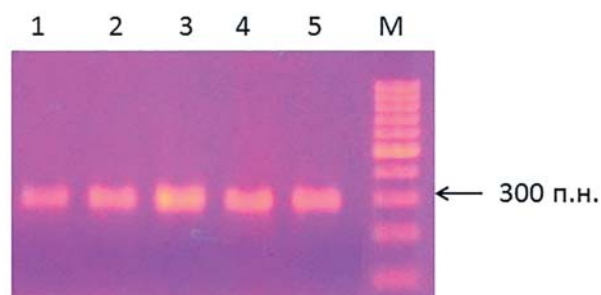


Рис. 2. Результаты анализа внутрисортного полиморфизма сорта Япончик по гену Cf-19
1 – 5 – растения томата сорта Япончик, М – маркер молекулярного размера 100 п.н.
Fig. 2. Results of analysis of intrasortum polymorphism of the variety Japanese by gene Cf-19
1 - 5 - plants of tomato varieties Japonchik, M - marker of molecular size 100 bp

Таблица 3. Распределение аллелей гена Cf-19 у растений томата селекции Мичуринского ГАУ
Table 3 Distribution of alleles of the Cf-19 gene in tomato plants of Michurinsky GAU selection

№ п/п	Название сорта Variety name	Количество растений с фрагментом (шт.) Number of plants with a fragment		
		250 п.н. 250 bp.	300 п.н. 300 bp.	250/300 п.н. 250/300 bp.
1	Сокол	2		8
2	Каротинка	2		8
3	Непряда	1		9
4	Япончик		10	
5	Красавец			10
6	Виват			10
7	Орлик			10
8	Золотничок	2		8
9	Буй-Тур			10
10	Черныш	1		9

сорта Япончик (рис 2). При этом все анализируемые растения этого сорта были однообразны.

Результаты анализа внутрисортного полиморфизма по гену *Cf-19* устойчивости к кладоспориозу показывает, что практически все сорта селекции Мичуринского ГАУ являются полиморфными. Исключение составляет сорт Япончик. Из 10 исследованных растений этого сорта все были гомозиготны по доминантному аллелю. Большинство растений гетерозиготны. У пяти выявлены гомозиготные рецессивные генотипы. Для использования их в качестве исходных форм для селекции необходим предварительный анализ непосредственно перед гибридизацией. Это даст возможность оценить аллельный состав и выбрать растение с нужным аллелем. Сорт Япончик представляет интерес как возможный источник гена устойчивости. Использование его в качестве родительской формы позволит получать устойчивые гибриды. При этом предварительный анализ растений не нужен.

Закключение

Таким образом, установлено, что часть анализируемых сортов селекции Мичуринского ГАУ полиморфна по гену устойчивости к кладоспориозу *Cf-19*. Это сорта Сокол, Каротинка, Непрядва, Золотничок, Черныш. Они имеют оба аллеля в своем генотипе. Сорт Япончик является доминантной гомозиготой по данному гену.

По гену устойчивости к фузариозу выделены следующие сорта источники аллеля устойчивости: Сокол, Непрядва, Япончик, Орлик, Золотничок, Черныш. У них ген I-2 представлен в гетерозиготном состоянии. Сорт Виват гомозиготен по рецессивному аллелю.

Из представленных результатов видно, что для отбора исходных форм томата необходим анализ аллельного состояния селектируемых генов. При этом важна оценка разнообразия внутри сорта. Для получения устойчивых гибридов целесообразно проведение предварительного молекулярно-генетического анализа.

Об авторах:

Иван Николаевич Шамшин – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетического анализа плодовых растений, <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>, Scopus ID 56708633300, Researcher ID AAZ-9047-2021, автор для переписки, Ivan_Shamshin@mail.ru

Алексей Сергеевич Ильичев – аспирант кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, <https://orcid.org/0000-0001-9203-9217>

Екатерина Владимировна Грошева – научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений, <https://orcid.org/0000-0001-6992-2407>, Researcher ID AAA7122-2020.

About the Authors:

Ivan N. Shamshin – Cand. Sci. (Biology), the Head of the Laboratory of the Molecular and Genetic Analysis of Fruit Plants, <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>, Scopus ID 56708633300, Researcher ID AAZ-9047-2021, Correspondence Author, Ivan_Shamshin@mail.ru

Aleksey S. Ilyichev – Post-Graduate Student of the Department of Horticulture, Biotechnology and Crop Breeding, <https://orcid.org/0000-0001-9203-9217>

Ekaterina V. Grosheva – Researcher of the Laboratory of the Molecular and Genetic Analysis of Fruit Plants, <https://orcid.org/0000-0001-6992-2407>, Researcher ID AAA7122-2020.

• Литература / References

1. Polyxenova V.D. Induced resistance of plants to pathogens and abiotic stress factors: on the example of tomato. *Bulletin of the Belarusian State University*. 2009;(1):48-60. (in Russ.).
2. Van der Beek J. G., Verkerk R., Zabel P., Lindhout P. Mapping strategy for resistance genes in tomato based on RFLPs between cultivars: *Cf9* (resistance to *Cladosporium fulvum*) on chromosome 1. *Theoretical and Applied Genetics*. 1992;84(1):106-112. DOI 10.1007/BF00223988.
3. Grushetskaya Z.E., Lemesh V.A., Khotyleva L.V., Poliksenova V.D. Mapping of the *Cf-6* tomato leaf mould resistance locus using SSR markers. *Russian Journal of Genetics*. 2007;43(11):1266-1270. DOI 10.1134/S1022795407110099. (in Russ.).
4. Thomas C.M., Vos P., Zabeau M., Jones D. A., Norcott K. A., Chadwick B. P., Jones J. D. Identification of amplified restriction fragment polymorphism (AFLP) markers tightly linked to the tomato *Cf-9* gene for resistance to *Cladosporium fulvum*. *The Plant Journal*. 1995;8(5):785-794. DOI 10.1046/j.1365-3113.1995.08050785.x.
5. Ning L., Jing-bin J., Jing-fu L., Xiang-yang X. Development of molecular marker linked to *Cf-10* gene using SSR and AFLP method in tomato. *Journal of Northeast Agricultural University* (English Edition). 2012;19(4):30-36. DOI 10.1016/S1006-8104(13)60047-1.
6. Truong H.T.H., Choi H., Cho M.C., Lee H.E., Kim J.H. Use of *Cf-9* gene-based markers in marker-assisted selection to screen tomato cultivars with resistance to *Cladosporium fulvum*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2011;52(2):204-210. DOI 10.1007/s13580-011-0164-y.
7. Zhao T., Jiang J., Liu G., He S., Zhang H., Chen X., Xu X. Mapping and candidate gene screening of tomato *Cladosporium fulvum*-resistant gene *Cf-19*, based on high-throughput sequencing technology. *BMC plant biology*. 2016;16(1):1-10. DOI 10.1186/s12870-016-0737-0.
8. Singh V.K., Singh H.B., Upadhyay R.S. Role of fusaric acid in the development of 'Fusarium wilt' symptoms in tomato: Physiological, biochemical and proteomic perspectives. *Plant physiology and biochemistry*. 2017;(118):320-332. DOI 10.1016/j.plaphy.2017.06.028.
9. Takken F., Rep M. The arms race between tomato and *Fusarium oxysporum*. *Molecular plant pathology*. 2010;11(2):309-314. DOI 10.1111/j.1364-3703.2009.00605.x.
10. El-Kharbotly A., Leonards-Schippers C., Huigen D. J., Jacobsen E., Pereira A., Stiekema W. J., Gebhardt C. Segregation analysis and RFLP mapping of the R1 and R3 alleles conferring race-specific resistance to *Phytophthora infestans* in progeny of dihaploid potato parents. *Molecular and General Genetics MGG*. 1994;242(6):749-754. DOI 10.1007/BF00283432.
11. Staniaszek M., Kozik E.U., Marczewski W. A CAPS marker TAO1902 diagnostic for the I-2 gene conferring resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 2 in tomato. *Plant Breeding*. 2007;126(3):331-333. DOI 10.1111/j.1439-0523.2007.01355.x.
12. Tanyolac B., Akkale C. Screening of resistance genes to fusarium root rot and fusarium wilt diseases in F₃ family lines of tomato (*Lycopersicon esculentum*) using RAPD and CAPs markers. *African Journal of Biotechnology*. 2010;9(19):2727-2730.
13. Simsek D., Pinar H., Mutlu N. Development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (FOL) and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radiciis lycopersici* (FORL) resistant tomato lines with the aid of marker assisted selection. *Current Trends in Natural Sciences*. 2018;7(13):281-285.
14. Yu S.C., Zou Y.M. A co-dominant molecular marker of Fusarium wilt resistance gene I-2 derived from gene sequence in tomato. *Yi Chuan= Hereditas*. 2008;30(7):926-932. DOI 10.3724/sp.j.1005.2008.00926.
15. Adzhieva V.F., Grushetskaya Z.E., Malyshev S.V., Nekrashevich N.A., Babak O.G., Kilchevsky A.V. Creation of a complex of DNA markers for tomato genes that determine the content of carotenoids and resistance to diseases and pests. *II International. научн. - практ. conf. "Modern trends in the selection and seed production of vegetable crops. Traditions and perspectives."* Moscow, Russia. August 2-4, 2010. P. 47. (in Russ.).
16. Grushetskaya Z.E., Lemesh V.A., Poliksenova V.D. Possible sources of new genes for resistance to the pathogen of tomato cladosporiosis in species *Solanum L. Vegetable growing*. 2010;(18):112.
17. Eroshevskaya A.S., Egorova A.A., Milyukova N.A., Pyrsikov A.S. Molecular-genetic analysis of tomato hybrids F1 on resistance to fusariosis. *Potatoes and vegetables*. 2021;(5):37-40. (in Russ.).
18. Shamshin I.N., Grosheva E.V., Maslova M.V., Samoilova R.M. Creation of new tomato forms with fungal disease resistance genes based on marker selection. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(6):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-6-16-21>
19. Babak O.G., Nekrashevich N.A., Pugacheva I.G., Dobrodin M.M., Kilchevsky A.V. Study of allelic polymorphism for resistance to fusariosis in cherry tomatoes. *Biotechnological techniques in preserving biodiversity and plant breeding. Collection of articles of the International Scientific Conference. Minsk, August 18-20, 2014*. 2014. P.38. (in Russ.).

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-40-45>
УДК 631.58:635.1/.8

А.Ю. Федосов, А.М. Меньших*

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

*Автор для переписки:
soulsunnet@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Федосов А.Ю., Меньших А.М. Технологии точного земледелия в овощеводстве. *Овощи России*. 2022;(6):40-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-40-45>

Поступила в редакцию: 30.08.2022

Принята к печати: 30.09.2022

Опубликована: 02.12.2022

Alexander Yu. Fedosov, Alexander M. Menshikh*

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

*Correspondence Author:
soulsunnet@gmail.com

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

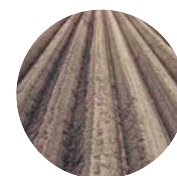
For citations: Fedosov A.Yu., Menshikh A.M. Precision farming technologies in vegetable growing. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):40-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-40-45>

Received: 30.08.2022

Accepted for publication: 14.09.2022

Published: 02.12.2022

Технологии точного земледелия в овощеводстве



Резюме

Технологии точного земледелия могут помочь смягчить воздействие сельского хозяйства на окружающую среду за счет сокращения использования удобрений и орошения при одновременном снижении затрат. В технологии точного земледелия в овощеводстве используются система географического позиционирования (GPS), географическая информационная система (GIS), искусственный интеллект (IoT), робототехника, сенсорные технологии, редактирование генома на основе данных и т.д., чтобы улучшить производство и качество овощей. Цифровое секвенирование генома, разработанное за последнее десятилетие, значительно сократило затраты и время, необходимые для картирования ДНК растений и других организмов. Цифровые методы секвенирования генома генерируют огромные объемы данных о последовательностях генома, которые, в свою очередь, помогают в селекции растений для конкретных полевых условий или желаемых признаков. Это сохраняет отличные перспективы для выращивания овощных культур в рамках нынешнего сценария земледелия, когда изменение климата заставляет переосмыслить всю практику ведения сельского хозяйства. В этой статье содержится полезная информация о технологиях точного земледелия для овощеводов, энтузиастов, фермеров и исследователей. Экономические факторы являются важными движущими силами и препятствиями для внедрения технологий. Практическая значимость новых технологий, предоставляемых посредством коммуникации и образования, имеет дополнительный потенциал с точки зрения их продвижения.

Ключевые слова: цифровизация, точное земледелие, редактирование генома, внедрение технологий

Precision farming technologies in vegetable growing

Abstract

Precision farming technologies can help mitigate the environmental impact of agriculture by reducing the use of fertilizers and irrigation while reducing costs. Vegetable precision farming technology uses geographic positioning system (GPS), geographic information system (GIS), artificial intelligence (IoT), robotics, sensor technology, data-based genome editing, etc. to improve the production and quality of vegetables. Digital genome sequencing, developed over the past decade, has greatly reduced the cost and time required to map the DNA of plants and other organisms. Digital genome sequencing methods generate vast amounts of genome sequence data, which in turn aid in plant breeding for specific field conditions or desired traits. This maintains excellent prospects for growing vegetables in the current farming scenario, when climate change is forcing a rethink of all agricultural practices. This article provides useful information about precision farming technologies for vegetable growers, enthusiasts, farmers and researchers. Economic factors are important drivers and barriers to technology adoption. The practical significance of new technologies provided through communication and education has additional potential in terms of their promotion.

Keywords: digitalization, precision farming, genome editing, technology adoption

Введение

Ожидается, что к 2050 году население мира достигнет почти 10 миллиардов человек, при этом большая часть роста, по прогнозам, произойдет в крупных городских центрах по всему миру [1]. По мере роста населения производство продуктов питания должно увеличиваться и удовлетворять потребности в питании и здоровье при одновременном достижении Целей устойчивого развития Организации Объединенных Наций [2]. Ежегодно Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) фиксирует около 14% потерь продовольствия до выхода на рынки, что оценивается в 400 миллиардов долларов [3]. Сокращение площади пахотных земель и неблагоприятное воздействие изменения климата на сельское хозяйство создают дополнительные проблемы, которые заставляют внедрять инновации в будущие системы производства продуктов питания для удовлетворения растущего спроса в ближайшие несколько десятилетий. Использование цифровых технологий может помочь в решении растущих проблем в сельском хозяйстве [4]. К ним относятся возрастающий глобальный спрос на продукты питания [5]; экологические проблемы, включая изменение климата, утрату биоразнообразия, деградацию почвы и загрязнение воды, а также растущее социальное давление, отражающееся во все более жесткой сельскохозяйственной политике [4].

Стартапы являются активными новаторами в цифровом сельском хозяйстве, хотя они работают в условиях все более концентрированной и финансиализированной глобальной продовольственной экономики. Недавняя волна слияний в секторе сельскохозяйственных ресурсов, а именно Bayer-Monsanto, Dow-DuPont и ChemChina-Syngenta, частично объясняется технологическими инновациями и объединением опыта в области семян и агрохимикатов [6]. Эти же фирмы активно стремятся позиционировать себя как лидеров цифрового земледелия, разрабатывая собственные технологии или покупая другие компании. Например, BASF, Nutrien Ag Solutions и John Deere, известные производители семян и химикатов, удобрений и сельскохозяйственной техники, в последние годы независимо друг от друга запустили цифровые сельскохозяйственные платформы [7]. Многие из этих крупных фирм стремятся приобрести один из более чем 1600 стартапов, действующих в этой сфере [8]. Перед тем, как быть недавно купленным Bayer, Monsanto купила Climate Corporation — стартап цифрового сельского хозяйства, который с тех пор приобрел более мелкие стартапы, 640 Labs и VitalFields — отчасти для сбора данных [9]. Помимо слияний и поглощений, отраслевые границы размываются партнерскими отношениями между секторами. John Deere, например, наладила связи с Syngenta, Dow, Dupont, Monsanto и BASF до недавней консолидации в этом секторе [10].

Цель этой статьи состоит в том, чтобы дать отчет о прогрессе, достигнутом за последние несколько лет в применении точного земледелия в овощеводстве в качестве средства расширения его использования агрономами и фермерами.

Методика исследований

Обзор сфокусирован на наиболее характерных фактах и важной современной научной информации о применении технологии точного земледелия в мировом овощеводстве, как вклад в растущий объем работ по точному земледелию в традициях медиа-исследований. В обзор включены различные базы данных, как Google Scholar, PubMed, Science Direct, SciFinder, Web of Science, ПИНЦ и др., использованы онлайн-источники (Research Gate, Springer Nature Open Access, Wiley Online Library и др.).

Результаты исследований

Спрос на овощи постоянно растет. За последние годы в РФ значительно увеличились площади сельскохозяйственных угодий, используемых для выращивания овощей, и они очень ресурсоемки, например, с точки зрения использования пестицидов и удобрений, а также орошения [11-14]. При этом в обществе растет обеспокоенность негативным воздействием сельского хозяйства на окружающую среду. Поэтому фермеры и политики срочно ищут способы уменьшить воздействие сельского хозяйства на окружающую среду, а производители овощей оказываются в авангарде внедрения технологий.

Точное земледелие — это современная процедура, используемая для повышения урожайности с использованием новейших технологий, облачных вычислений, информационных технологий (IoT), искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО). Применение технологии точного земледелия к различным аспектам процесса выращивания овощных культур представлено на рисунке. Многие типы данных могут быть собраны в течение вегетационного периода. Все они должны иметь географическую привязку с использованием технологии GPS и вводиться в базу данных GIS.

Использование новых технологий может помочь фермерам оптимизировать распределение ресурсов и тем самым способствовать снижению затрат, увеличению производительности и повышению эффективности использования ресурсов. Например, использование датчиков может способствовать лучшему мониторингу полей, чтобы такие ресурсы, как удобрения или пестициды, могли применяться в соответствии с ее потребностями [15], при условии, что производитель может использовать собранные данные и применить на практике. Технологии точного земледелия, такие как системы параллельного вождения и электронные измерительные системы [16], также могут иметь социальные последствия, такие как потенциальное повышение удобства работы за счет автоматизации повторяющихся задач или облегчения работы водителя и сокращения сроков выполнения обработок [17]. Однако, несмотря на потенциал точного земледелия, показатели его внедрения сильно различаются в зависимости от географических регионов и разных технологий [18,19].

Возможные препятствия для внедрения технологий точного земледелия многочисленны. Одно из препятствий связано с образованием фермеров, которое имеет решающее значение для приобретения навыков,



Рис. Применение технологий точного земледелия к различным аспектам овощеводства
Fig. Application of precision farming technologies to various aspects of vegetable production

необходимых для внедрения технологий [20], поскольку их использование часто требует специальной подготовки. Во многих странах такие образовательные программы все еще находятся на ранних стадиях разработки [21]. Растущий спрос на включение этой темы в сельскохозяйственное образование можно наблюдать в РФ во всех сельскохозяйственных высших учебных заведениях. Еще одно важное препятствие для внедрения, которое широко описано в литературе, связано с экономическими затратами, в связи с переключением производственных систем на новые цифровые технологии [18]. Наличие достаточного капитала является лучшим предиктором принятия решений. Последним препятствием для внедрения является доступная телекоммуникационная инфраструктура с широким покрытием. Многие устройства зависят от доступа к сети, значительное количество ферм в РФ в настоящее время находится за пределами зоны действия 4G. Для этого необходимо снизить затраты на технологии; требуются более надежные правила принятия решений: фермеры хотят знать, когда использовать какие приложения и каковы будут результаты; необходимо продемонстрировать добавленную стоимость и сделать видимой прибыль.

Концепция точного земледелия использует технологии, тесно связанные с Интернетом вещей.

Датчики. Они могут определять различные биомолекулярные, химические, оптические, тепловые, электрические, радиационные и биологические показатели, чтобы обеспечить всестороннюю оценку состояния здоровья сельскохозяйственных культур. Датчики местоположения используются для определения широты, долготы и высоты текущего расположения. Свет используется оптическими датчиками для получения информации о качестве почвы. Электрохимические датчики предоставляют жизненно важную информацию, такую как pH и уро-

вень питательных веществ в почве. Уплотнение почвы измеряется с помощью механических датчиков. Они используют зонд, который входит в почву, имеющий тензодатчики или тензометрические датчики для регистрации сил сопротивления. Для определения уровня влажности используют диэлектрические датчики влажности почвы измеряют диэлектрическую проницаемость почвы. Проницаемость границы раздела почва-воздух измеряется датчиками воздушного потока. Оптические и тепловые датчики будут наиболее предпочтительными источниками данных при фенотипировании растений.

Примеры сенсорных технологий, применяемых в точном земледелии, представлены в таблице.

Информация для сельского хозяйства собирается с помощью спутников, метеостанций и наземных датчиков. Тем не менее, собираемые параметры не согласуются друг с другом, и поэтому централизованного метода сравнения данных просто не существует. Чтобы информация была действительно полезной при принятии решений, поставщики ноу-хау должны работать над функциональной совместимостью и находить эффективные способы ее интеграции.

Глобальная система позиционирования (GPS). GPS – это сеть спутников, которые предоставляют пользователям точную информацию о местоположении объектов во всемирной системе координат и времени. Основной принцип использования системы – определение местоположения путём измерения моментов времени приёма синхронизированного сигнала от навигационных спутников антенной потребителя. Она имеет точность от 100 до 0,01 м. Она предоставляет фермерам ценную информацию о местоположении объектов и датчиков, передвижении техники, помогают при разметке и других операциях при работе на сельскохозяйственных полях.

Таблица. Неразрушающие компактные датчики для использования в полевых условиях и сбора данных в овощеводстве
Table. Non-destructive compact sensors for field use and data collection in horticulture

Овощная культура Vegetable crop	Характеристика Characteristic	Прибор с датчиками Device with sensors
<i>Solanum lycopersicum</i>	Листья повреждены листовой верткой	Спектрометр Nexus FT-NIR
	Спелость	ImSpector V9
	Время сбора урожая	Спектрофотометр AgroSpec
<i>Solanum melongena</i>	Морфология и форма плода	Сканер визуализации
Листовые овощные культуры	Содержание хлорофилла	Спектрорадиометр ASD Fieldspec FR
	Качество послеуборочного хранения	SPAD-502; Agriexpert CCN 6000
<i>Spinacia oleracea</i>	Состояние посевов после полива	Спектрометр Specim V10
<i>Citrullus lanatus</i>	Ликопин, бета-каротин и общее количество растворимых сухих веществ	NIR On-Line® X-One
<i>Lactuca sativa</i>	Признаки растений при обработке экстремальными температурами и солевым стрессом	Датчик серии VNIR Micro-Hyperspec Sensor; Fluor Cam 800 MF
<i>Cichorium intybus</i>	Холодовой стресс	CF имидж-сканер
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Фотосинтетические признаки, морфологические параметры и архитектура побега	Growscreen Fluoro
<i>Brassica rapa sub. pekinensis</i> и <i>chinensis</i> ; <i>Cucumis melo</i>	Качество	Флуорометр FluorPen FP 100
	Совместимость с прививками	Флуорометр Imaging-PAM

Географическая информационная система (GIS).

Географическая информационная система — это инструмент, который позволяет пользователям собирать, хранить и управлять пространственными или географическими данными. Она предоставляет инструменты для создания карт и отчеты на основе географических данных. Управляемая компьютером GIS-карта содержит слои данных, которые можно использовать для принятия решений относительно размещения посевов, влияния на них почвенных и погодных условий и вредителей. Актуальная база данных сельскохозяйственной GIS может предоставить различную полезную информацию об использовании и состоянии полей, такую как урожайность, типы почв, поверхностный дренаж и нормы орошения. После обработки данные используются для определения корреляций между многочисленными факторами, влияющими на урожай в определенном месте.

Отбор проб почвы по сетке и внесение удобрений с переменной нормой. Отбор проб по сетке (отбор проб почвы) для конкретного земельного участка — это простой и быстрый метод мониторинга состояния почвы. Его можно использовать для сельскохозяйственных работ с технологиями переменной нормы внесения агрохимикатов (VRT). GIS основываясь на информации о ресурсах поля, в зависимости от типа почвы, а также планируемой урожайности, рекомендует нормы и сроки внесения удобрений и гербицидов в течение вегетации. Затем она может корректировать и управлять процессами внесения дифференцировано процессами внесения агрохимикатов. Отбор по сетке повышает интенсивность

отбора проб, одновременно используется привязка к географическому положению, что дает нам почвенную карту, на которой видны ее показатели.

Сетка почвенной карты анализируется, чтобы определить нехватку питательных веществ, необходимых для планируемого урожая. Затем составляется карта внесения удобрений. Обе карты загружаются в компьютер, который разрабатывает тщательный график ухода за посевами/посадками растений и систематического внесения удобрений.

Контроллеры скорости подачи. Контроллер переменной скорости — это устройство, которое регулирует скорость подачи химического вещества. Он использует различные датчики для контроля веса, потока материала и давления.

Мобильные приложения. С ростом использования электронных устройств очень легко получать информацию находясь в любом месте. Приложения для мобильных устройств позволяют разработчикам создавать интерактивные и полезные приложения, которые можно использовать в области точного земледелия. Эти приложения позволяют повысить эффективность и прибыльность сельскохозяйственных операций. Приложения для мониторинга посевов/посадок включают в себя, среди прочего, сведения о погоде, рыночных курсах и наличии семян, материалов и доступных химикатов и т.п. Погодные приложения полезны для использования в сельском хозяйстве.

В последние годы разработаны высокопроизводительные комплексные системы и рабочие процессы для

быстрого мониторинга и измерения больших популяций растений как в теплицах, так и в полевых условиях. Эти системы сочетают в себе современные методы обнаружения и визуализации с помощью установленных датчиков для обеспечения быстрых измерений и охвата большой территории [22-24]. Хотя эти системы и не являются полностью автономными, они представляют собой передовые достижения в области современного фенотипирования растений и имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными, собранными вручную фенотипическими признаками. Роботизированные интеллектуальные системы играют все более важную роль в современном сельском хозяйстве и рассматриваются как неотъемлемая часть точного земледелия или цифрового земледелия [25-29]. Роботы полностью автономны и не нуждаются в опытных операторах для выполнения сельскохозяйственных задач. Это самое большое преимущество роботов по сравнению с традиционными тракторными системами. Автономные роботизированные системы взяли на себя широкий спектр сельскохозяйственных операций, включая сбор урожая перца сладкого [30,31], томата [32] и огурца [33], борьбу с вредителями и сорняками на томате [34] и салате [34, 35]. Наряду с визуализацией и зондированием автономные роботизированные системы также считаются важными и неотъемлемыми частями высокопроизводительного фенотипирования растений, поскольку они существенно увеличивают производительность, скорость, охват, повторяемость и экономическую эффективность измерений признаков растений.

Рост вычислительных мощностей, сбор и обработка больших данных привели к появлению более точных методов селекции овощных растений, в частности, редактирования генома и других технологий на основе данных [36]. Цифровое секвенирование генома, разработанное за последнее десятилетие, значительно сократило затраты и время, необходимые для картирования ДНК растений и других организмов. Цифровые методы секвенирования генома генерируют огромные объемы данных о последовательностях генома, которые, в свою очередь, помогают в селекции растений для конкретных полевых условий или получения желаемых признаков.

Технологии редактирования генов на основе данных, такие как сгруппированные регулярно расположенные короткие последовательности палиндромных повторов и ассоциированные ферменты (CRISPR-Cas9) и эффектор-ные нуклеазы, подобные активаторам транскрипции (TALEN), существенно изменили селекцию растений за последнее десятилетие. Эти новые технологии, по сути, действуют как молекулярные ножницы, которые позволяют редактировать определенные участки ДНК. С помощью этих методов можно определить, какие именно гены отвечают за какие признаки, и включить или выключить их в зависимости от желаемого эффекта [37]. Например, признаки, которые способствуют быстрому созреванию растений, могут быть удалены, чтобы продлить срок годности урожая, а сортам, обладающим большей устойчивостью к вредителям или суровым погодным условиям, возможно усилить эти признаки. ДНК восстанавливается

там, где она была отредактирована, и новые признаки передаются потомству [38]. В настоящее время проводятся исследования по редактированию генов с целью улучшения растений для повышения устойчивости к засухе или вредителям и повышения питательных и товарных качеств; кроме того, значительное количество исследований сосредоточено на обеспечении устойчивости овощных культур к гербицидам, что соответствует целям более ранней сельскохозяйственной биотехнологии [37].

CRISPR, доминирующая технология редактирования генов, была впервые разработана в университетских условиях. Многие из крупных компаний, ведущих цифровое земледелие, стремятся позиционировать себя как лидеров в области редактирования генов. Они разработали исследовательские программы, приобрели лицензии на технологию CRISPR и подали заявку на патентную защиту сортов, которые включают несколько комплексных изменений для борьбы с устойчивыми к гербицидам сорняками и повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к гербицидам [39]. Bayer, Syngenta и Corteva (побочный продукт слияния Dow и DuPont) активно инвестируют в технологии редактирования генов для селекции растений. Например, перед тем, как быть приобретенными Bayer, Monsanto инвестировала 100 миллионов долларов США в стартап по редактированию генов Pairwise Plants [40], а недавнее исследование показало, что Corteva в настоящее время владеет наибольшим количеством патентов и приложений CRISPR в мире [41].

Выводы

Технологии точного земледелия предлагают потенциальное решение проблем продовольственной безопасности и защиты окружающей среды, но они будут успешными только в том случае, если их примут фермеры. Различные технологии, такие как GPS, многочисленные датчики и мобильные приложения, анализ больших данных и редактирование генома на основе накопленных данных могут использоваться для внедрения точных методов ведения сельского хозяйства различными способами, исходя из того, что они обеспечивают большую точность в принятии решений на практике. Точное земледелие объединяет сельскохозяйственное оборудование с программными платформами, которые отслеживают данные в овощеводстве и позволяют анализировать почвенные и климатические условия в конкретном месте, чтобы предоставить производителям советы относительно выбора семян, точного внесения пестицидов и удобрений.

Редактирование генома овощных растений использует большие данные, полученные в результате компьютерного геномного картирования, для определения изменений в ДНК живых организмов, которые обещают более точный способ модификации генетического кода растения для выражения новых признаков, которые могут улучшить урожайность и качество. Хотя концепция точного земледелия все еще находится на ранней стадии, многие ее приложения уже успешно используются. Отсутствие актуальной информации, связи и финансовой поддержки – вот некоторые из факторов, которые могут помешать внедрению точного земледелия.

Об авторах:

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

Александр Михайлович Меньших – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и инноваций,
<https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>,
автор для переписки, soulsunnet@gmail.com

About the Authors:

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

Alexander M. Menshikh – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Technology and Innovation Department,
<https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>,
 Correspondence Author, soulsunnet@gmail.com

• Литература / References

- United Nations Department of Economic and Social Affairs. Available online: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html> (Access date 10.07.2022)
- Binns C.W., Lee M.K., Maycock B., Torheim L.E., Nanishi K., Duong D.T.T. Climate change, food supply, and dietary guidelines. *Annu. Rev. Public Health*. 2021;(42):233–255.
- FAO I. Food loss and waste must be reduced for greater food security and environmental sustainability; 2022.
- Finger R., Swinton S.M., El Benni N., Walter A. Precision farming at the Nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics*. 2019;11(1):313–335.
- Hickey L.T., Robinson A.N.H., Jackson H., Leal-Bertioli S.A., Tester S.C.M., Gao M., Wulff B.B.H. Breeding crops to feed 10 billion. *Nat Biotechnol*. 2019;37(7):744–754.
- Clapp J. Mega-mergers on the Menu: Corporate Concentration and the Politics of Sustainability in the Global Food System. *Global Environmental Politics*. 2018;18(2):12–33.
- Pham X., Martin S. How Data Analytics Is Transforming Agriculture. *Business Horizons*. 2018;61(1):125–133.
- Day S. AgTech Landscape 2019: 1,600+ Startups Innovating on the Farm and in the "Messy Middle." 2019. June 4. <https://agfundernews.com/2019-06-04-agtech-landscape-2019-1600-startups.html> (Access date 10.07.2022)
- Bronson K. Looking Through a Responsible Innovation Lens at Uneven Engagements with Digital Farming. *NJAS—Wageningen Journal of Life Sciences* 2019;90–91(100294):1–6.
- Mooney P. Blocking the Chain: Industrial Food Chain Concentration, Big Data Platforms and Food Sovereignty Solutions. October 10. 2018. <https://www.etc-group.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/blockingchain2.png> (Access date 10.07.2022) (In Eng.)
- Королюкова А.П., Кузнецова Н.А., Иванова М.И., Шатилов М.В., Иркoв И.И., Ильина А.В., Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е. Экономические аспекты развития овощеводства России. М., ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 204 с. [Korolkova A.P., Kuznetsova N.A., Ivanova M.I., Shatilov M.V., Irkov I.I., Ilina A.V., Kuzmin V.N., Marinchenko T.E. Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia. M., FGBNU «Rosinformagroteh», 2021. 204 p. (In Russ.)]
- Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И., Рубцов А.А. Инновационные технологии орошения овощных культур. М., Изд-во Ким Л.А., 2021. 306 с. [Fedosov A.Yu., Menshikh A.M., Ivanova M.I., Rubcov A.A. Innovative technologies for irrigation of vegetable crops. M., 2021. 306 p. (In Russ.)]
- Солдатенко А.В., Меньших А.М., Федосов А.Ю., Иркoв И.И., Иванова М.И. Повышение конкурентоспособности овощных культур к сорным растениям посредством совершенствования методов борьбы. *Овощи России*. 2022;(2):72–87. <https://doi.org/10.18619/2022-9146-2022-2-72-87> [Soldatenko A.V., Menshikh A.M., Fedosov A.Yu., Irkov I.I., Ivanova M.I. Increasing the competitiveness of vegetable crops to weeds by improving control methods. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):72–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2022-9146-2022-2-72-87>]
- Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И. Дефицитное орошение овощных культур. *Овощи России*. 2022;(3):44–49. <https://doi.org/10.18619/2022-9146-2022-3-44-49> [Fedosov A.Yu., Menshikh A.M., Ivanova M.I. Deficient irrigation of vegetable crops. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(3):44–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2022-9146-2022-3-44-49>]
- Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N. Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2017;114(24):6148–6150.
- Groher T., Heitkamp K., Walter A., Liebisch F., Umstätter C. Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture*. 2020;21(6):1327–1350.
- Ayerdi Gotor A., Marraccini E., Leclercq C., Scheurer O. Precision farming uses typology in arable crop-oriented farms in northern France. *Precision Agriculture*. 2019;21(1):131–146.
- Barnes A.P., Soto I., Eory V., Beck B., Balafoutis A., Sánchez B., Gómez-Barbero M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Use Policy*. 2019;(80):163–174.
- Lowenberg-DeBoer J., Erickson B. How does European adoption of precision agriculture compare to worldwide trends? In J.V. Stafford (Ed.), *Precision agriculture* '19. Wageningen Academic Publishers. 2019.
- Michels M., Fecke W., Feil J.H., Musshoff O., Lülfs-Baden F., Krone S. "Anytime, anyplace, anywhere"—A sample selection model of mobile internet adoption in German agriculture. *Agribusiness*. 2020;36(2):192–207.
- Eastwood C., Ayre M., Nettle R., Dela Rue B. Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future. *NJAS—Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019.
- Busemeyer L., Mentrup D., Möller K., Wunder E., Alheit K., Hahn V. BreedVision — A multi-sensor platform for non-destructive fieldbased phenotyping in plant breeding. *Sensors*. 2013;(13):2830–2847.
- Virlet N., Sabermanesh K., Sadeghi-Tehrani P., Hawkesford M.J. Field scanner: an automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. *Funct. Plant Biol*. 2017;(44):143–153.
- Ge Y., Atefi A., Zhang H., Miao C., Ramamurthy R.K., Sigmon B. High-throughput analysis of leaf physiological and chemical traits with VIS–NIR–SWIR spectroscopy: a case study with a maize diversity panel. *Plant Methods*. 2019;(15):66.
- Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big data in smart farming – a review. *Agric. Syst*. 2017;(153):69–80.
- Chlingaryan A., Sukkarieh S., Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: a review. *Comput. Electron. Agric*. 2018;(151):61–69.
- Zhang Z., Kayacan E., Thompson B., Chowdhary G. High precision control and deep learning-based corn stand counting algorithms for agricultural robot. *Auton. Robots*. 2020;(44):1289–1302.
- Jin X., Zarco-Tejada P., Schmidhalter U., Reynolds M.P., Hawkesford M.J., Varshney R.K. High-throughput estimation of crop traits: a review of ground and aerial phenotyping platforms. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag*. 2020;(2):1–33.
- Pandey P., Dakshinamurthy H.N., Young S.N. Autonomy in detection, actuation, and planning for robotic weeding systems. *Trans. ASABE*. 2021
- Arad B., Balendonck J., Barth R., Ben-Shahar O., Edan Y., Hellström T. Development of a sweet pepper harvesting robot. *J. F. Robot*. 2020;(37):1027–1039.
- Hemming J., Bac C. W., van Tuijl B.A.J., Barth R., Bontsema J., Pekkeriet E.J. "A robot for harvesting sweet-pepper in greenhouses," in Paper Presented at AgEng 2014, Zurich.
- Lili W., Bo Z., Jinwei F., Xiaohu H., Shu W., Yashuo L., et al. Development of a tomato harvesting robot used in greenhouse. *Int. J. Agric. Biol. Eng*. 2017;(10):140–149.
- Van Henten E.J., Hemming J., van Tuijl B.A.J., Kornet J.G., Meuleman J., Bontsema J. An autonomous robot for harvesting cucumbers in greenhouses. *Auton. Robots*. 2002;(13):241–258.
- Raja R., Nguyen T.T., Slaughter D.C., Fennimore S.A. Real-time robotic weed knife control system for tomato and lettuce based on geometric appearance of plant labels. *Biosyst. Eng*. 2020;(194):152–164.
- Blasol J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Moltó E. AE — Automation and emerging technologies: robotic weed control using machine vision. *Biosyst. Eng*. 2002;(83):149–157.
- Weersink Alfons, Evan Fraser, David Pannell, Emily Duncan, Sarah Rotz. Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. *Annual Review of Resource Economics*. 2018;10(1):19–37.
- Zhang Yi, Karen Massel, Ian D. Godwin, Caixia Gao. Applications and Potential of Genome Editing in Crop Improvement. *Genome Biology*. 2018;19(210):1–11.
- Bartkowski B., Theesfeld I., Pirscher F., Timaeus J. Snipping Around for Food: Economic, Ethical and Policy Implications of CRISPR/Cas Genome Editing. *Geoforum*. 2018;(96):172–180.
- Brinegar Katelyn Ali, K. Yetisen, Sun Choi, Emily Vallillo, Guillermo U. Ruiz-Esparza, Anand M. Prabhakar, Ali Khademhosseini, Seok Hyun Yun. The Commercialization of Genome-Editing Technologies. *Critical Reviews in Biotechnology* 2017;37(7):924–932.
- Nickel R. Gene-Editing Startups Ignite the Next "Frankenfood" Fight. August 10. 2018. <https://www.reuters.com/article/us-grains-tech-gene-editing/gene-editing-startups-ignite-the-next-frankenfood-fight-idUSKBN1KV0GF> (Access date 10.07.2022)
- Houldsworth A. Who Owns the Most CRISPR Patents Worldwide? Surprisingly, It's Agrochemical Giant DowDuPont. 2018.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-46-50>
УДК 635.342-021.66:581.192.2

Б.М. Молоков

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. Веря, стр. 500

*Адрес для переписки:

polina-golysheva@yandex.ru

Благодарности. Успенской О.Н. – кандидату биологических наук, ведущему научному сотруднику ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО за проведение агрохимического анализа почвы и биохимического анализа образцов капусты, а также за обсуждение полученных результатов. Гринько Г.В. – ученому агроному плодовоовощеводу, агроному Экофирмы ООО «Васильки» Луховицкого района Московской области (2017-2019 годы) за детальное ознакомление с выращиванием органической капусты, требованиями покупателей и практикой реализации органической овощной продукции. Лопуховой Л.А. – ученому агроному плодовоовощеводу, агроному тепличного цеха СПК «Припские зори» за выращивание рассады Снежинка F₁ в соответствии с требованиями органической технологии. Голышевой П.Ю. – кандидату физ.-мат. наук, научному сотруднику ГАИШ МГУ за анализ метеоданных и подготовку статьи к печати.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Молоков Б.М. Оценка перспектив выращивания гибрида капусты белокочанной Снежинка F₁ для получения органической продукции. *Овощи России*. 2022;(6):46-50.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-46-50>

Поступила в редакцию: 15.09.2022

Принята к печати: 29.09.2022

Опубликована: 02.12.2022

Boris M. Molokov

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, Russian Federation, 140153

*Correspondence: polina-golysheva@yandex.ru

Acknowledgments. We are grateful to Uspenskaya O.N., Cand. Sci. (Biology), leading researcher All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center" for agrochemical analysis of soil and biochemical analysis of cabbage samples, and also for the discussing of the obtained results. We are grateful to Grinko G.V., scientist agronomist, agronomist of eco-firm LLC "Vasilki", located in Lkhovitsky district, Moscow Region (2017-19 yrs.) for the detailed introduction with organic Cole crop cultivation, with the requirements of customers and practice realization of organic vegetable production. We are grateful to Lopukhova L.A., scientist agronomist, agronomist of greenhouse of SPK "Priipskie Zori" for Snezhinka F₁ seedling cultivation according to the requirements of organic vegetable production. We are grateful to Golysheva P.Yu., Cand.Sci. (Physics and Mathematics), researcher in SAI MSU, for the weather data analysis and article preparing for the publication..

Conflict of interest. The author have no conflicts of interest to declare.

For citations: Molokov B.M. Hybrid of white cabbage Snezhinka F₁ – the prospects of cultivation for the organic production. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):46-50. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-46-50>

Received: 15.09.2022

Accepted for publication: 29.09.2022

Published: 02.12.2022

Оценка перспективы выращивания гибрида капусты белокочанной Снежинка F₁ для получения органической продукции



Резюме

Актуальность. В настоящее время для выращивания органической капусты используются в основном раннеспелые сорта и гибриды Российских фирм-оригинаторов. Проблемно обстоят дела с гибридами и сортами капусты средне- и позднеспелых групп созревания, которые не соответствуют требованиям покупателей, в первую очередь, по биологической спелости и массе кочанов. В связи с этим представляет практический интерес гибрид Снежинка F₁ селекции ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК), который по результатам испытания в 2008 году показал перспективность использования его в конвейере после раннеспелых образцов для выращивания органической капусты.

Материалы и методика. Исследования проводили на гибриде белокочанной капусты Снежинка F₁ (оригинатор ФГБНУ ФНЦО – ВНИИССОК) в сравнении со среднеспелым гибридом Куизор F₁ (оригинатор Syngenta seeds B.V.). Технология была максимально приближена к технологии выращивания органической капусты. Опыты закладывали в 3-х кратной повторности. Учеты и обработку данных проводили по стандартным методикам.

Результаты. В результате испытаний гибрида Снежинка F₁ в качестве капусты белокочанной средней группы спелости установлено, что он соответствует требованиям покупателей к органической продукции. Во-первых, капуста не содержит пестицидов. Во-вторых, формирование ее биохимического состава происходит без применения минеральных удобрений в основном за счет естественного плодородия почвы. В-третьих, и это крайне важно, при таких биометрических показателях, капуста достигает фазы биологической спелости на уровне и даже выше ряда показателей популярного среднеспелого гибрида Куизор F₁

Ключевые слова: гибрид Снежинка F₁, органическая среднеспелая капуста

Hybrid of white cabbage Snezhinka F₁ – the prospects of cultivation for the organic production

Abstract

Relevance. Presently, for the organic Cole crop cultivation are usually used early-ripe sorts and hybrids of Russian originator firms. There is a problem with middle and late-ripe sorts and hybrids, which do not satisfy with the requirements of biological ripeness and weight of cabbage, presenting by customers. That is why hybrid Snezhinka F₁ of VNISSOK selection is of practical interest; in 2008 yr. it was shown that it is perspective to use it in the conveyer after early-ripe sorts in organic cultivation.

Materials and methods. The research has done on hybrid Snezhinka F₁ with comparison of hybrid Cuisor F₁ (originator Syngenta seeds B.V.). The technology was maximal close to the technology of organic cultivation. The tests provided by triple repetition. The accounts and data processing were carried out by standard methods.

Results. As a result, after researches of middle-ripe cabbage hybrid Snezhinka F₁ was found that it satisfies the requirements of customers. Firstly, the cabbage does not contain any pesticides. Secondly, the formation of its biochemical composition proceeds without mineral fertilizers, by using the natural soil fertility. Thirdly, and it is very important by these biometric values, the cabbage reaches the phase of biological ripe at the same level or even above the popular hybrid Cuisor F₁.

Keywords: hybrid Snezhinka F₁, organic middle-ripe cabbage

Введение

В данной работе под органической понимается капуста, выращенная без применения химических средств защиты растений и минеральных удобрений [1]. При этом она должна соответствовать требованиям покупателей по товарному виду, биологической спелости и массе кочанов [2,3]. Из опыта работы Экофирмы ООО «Васильки» Луховицкого района Московской области установлено, что наибольшим спросом у покупателей органической капусты пользуются порционные кочаны массой 0,8-1,2 кг. Поэтому в данной работе эта масса кочанов принята как товарная.

В настоящее время для выращивания органической капусты используется представительный набор раннеспелых сортов и гибридов, которые в основном отвечают требованиям покупателей к органической капусте. Наиболее полно этот сегмент конвейера представлен оригинальными разработками ООО «Селекционная станция им. Н.Н. Тимофеева» и включает такие гибриды, как: Экспресс F₁ (группа созревания 01), Настя F₁ (02) и Казачок F₁, Трансфер F₁, Малахит F₁, Крафт F₁ (03) и др. Также в производстве органической продукции использованы разработки ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК). Это гибрид Аврора F₁ (03) и особенно проверенные временем сорта Июньская (03) и Номер первый Грибовский 147 (03), отличительной особенностью которых является их высокие, признанные населением, вкусовые качества. К тому же стоимость сортовых семян в несколько раз ниже стоимости гибридных семян.

Проблемно обстоят дела с гибридами и сортами капусты средне- и позднеспелых групп созревания, которые не соответствуют требованиям покупателей, в первую очередь, по биологической спелости и массе кочанов. Применяемые в настоящее время овощеводами загущение посадок или преждевременная уборка капусты в фазе технической спелости снижает качество, а покупатель органической капусты платит хорошие деньги в расчете получить качественный порционный кочан. Не решает кардинально эту проблему применение на практике повторных посадок раннеспелой капусты третьей группы созревания.

В связи с этим представляет практический интерес гибрид Снежинка F₁ (06), оригинатор ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК), который был включен в Госреестр в 2007 году, а в 2008 году он был нами испытан. В результате этих испытаний получены следующие данные. Средняя масса кочанов – 1,53 кг при вегетационном периоде 130 сут., динамика нарастания товарной массы кочана – 11,8 г/сут., что перспективно для получения порционных кочанов. Следует отметить достаточно хорошую выров-

ненность кочанов. В весовом интервале до 1,9 кг находилось до 86,7% шт., до 1,6 кг – 63,4% и до 1,3 кг – 46,7%.

Поэтому было принято решение испытать гибрид Снежинка F₁ применительно к производству органической капусты в качестве среднеспелого гибрида для включения в конвейер после раннеспелых сортов и гибридов.

Материалы и методика

Семена без обработки средствами защиты растений (СЗР), выращенные по классической технологии, были предоставлены фирмой-оригинатором ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК). Технология выращивания была приближена к требованиям при выращивании органической капусты [4,5] за некоторыми вынужденными исключениями.

Как показал анализ почвы опытных делянок (табл. 1), она оказалась слабокислой с очень низкой обеспеченностью азотом.

Поэтому весной на делянках внесли в жидком виде доломитовую известь из расчета 5 т/га. Кроме того, чтобы компенсировать дефицит азота, была проведена подкормка кальциевой селитрой по 60 кг азота на гектар.

Посев семян проводился 20 апреля 2021 года в кассеты 144. Рассаду гибрида Снежинка F₁ (на рис. 1 отмечена стрелкой) выращивали вместе с производственной в СПК «Приупские зори» Тульской области (рис. 1). Для защиты от обработок СЗР и подкормок опытные кассеты закрывали пленкой. Из рисунка видно, что рассада гибрида Снежинка F₁ опережает в развитии рассаду других гибридов. Объяснить это можно тем, что семена гибрида Снежинка F₁ не обработаны СЗР и не покрыты защитной микрополимерной пленкой, что обеспечивает их преимущество в развитии на начальном периоде вегетации.

Посадку рассады производили 25 мая с подливом воды в лунки. Схема посадки – 35х70 см с площадью питания растений 2450 см². Размещение делянок систематическое в 3-кратной повторности. Учеты и обработка данных проводили по стандартной методике [6].

Во время приживания рассады и наращивания розетки погодные условия были разные, информация по метеоданным была использована из интернет-ресурса "Расписание Погоды" («Расписание Погоды», rp5.ru), метеостанция Москва (ВДНХ). С 1-го по 25-й день вегетации средняя температура воздуха 17,2°C, то есть соответствовала оптимальному значению 13-18°C [7], осадки в пересчете на гектар составили 170 м³/га, 420 м³/га, 160 м³/га и 350 м³/га на 2, 4, 16 и 17 сутки вегетации. Это

Таблица 1. Результаты агрохимического анализа почвы опытных делянок
Table 1. The results of agrochemical analysis of the soil from the experimental plot

Почва	pH _{сол}	мг/100 г сух. массы			мг-экв./100 г сух. массы	
		Азот (N-NO ₃)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)	Кальций (Ca)	Магний (Mg)
Иловато-торфяная	5,5	1,0	29,6	9,6	44,4	9,9



Рис. 1. Выращивание рассады, стрелкой отмечена кассета с рассадой испытанного гибрида
Fig. 1. The seedling cultivation, the arrow points to the cassette with seedling of tested hybrid

практически полноценные вегетационные поливы [8]. Всего выпало 1100 м³/га за первые 18 суток вегетации без учета незначительных осадков до 20 м³/га типа освежающих поливов. Влажность воздуха была в пределах оптимального значения 50-75% [7] для этой фазы развития капусты. Критический продолжительный период в развитии капусты наступил с 20 по 27 июня – это 26-32 сутки вегетации, когда средняя температура составила 26,8°C, что более чем на 50% выше оптимального значения, а 4 дня температура была 28.1, 27.8, 27.5 и 27.6°C. Такое длительное воздействие высоких температур безусловно вызвало стресс и задержку роста капусты более, чем на 8 суток. В этот период времени было сухо, средняя влажность воздуха была менее 50%. С 34-го по 44-й день вегетации, это по нашим наблюдениям, начало формирования кочана, температура была благоприятной для роста капусты, хотя несколько выше оптимальной и составила 20.9°C. С 19 июня наступил второй температурный критический период, когда в течение 9 дней с 45 по 53 дня вегетации средняя температура поднялась до 25.4°C, а 4 дня превышала температурную отметку в 27°C. За период с 16 июня по 30 июля в течение 49 дней вегетации было сухо. Незначительные осадки были 200 м³/га – 28 июня, 320 м³/га – 15 июля и 200 м³/га – 17 июля.

Влажность была ниже оптимального для фазы формирования кочана значения 75-90% [7] и составляла в среднем 51,1%.

Заключительный период вегетации с 54 по 87 день, это с 18 июля по 20 августа, был относительно благоприятным для формирования кочанов капусты. Не было резких температурных перепадов, средняя температура составила 20.7°C.

Осадки были достаточно интенсивные: 138 м³/га – 30 июня, 380 м³/га – 3 августа, 181 м³/га – 11 августа, 540 м³/га – 12 августа – это четыре вегетационных поливов на 66, 70, 78 и 79 дни вегетации.

Влажность была близка к оптимальному значению [7] и в среднем составила 72.6%.

Итак, из 87 календарных дней вегетационного периода благоприятными для развития капусты было 70 дней, из них 27 – с оптимальной температурой и 43 – с температурой ниже +25°C. В течение 17 дней растения находились в стрессовом состоянии, так как температура была устойчиво выше +25°C. Поэтому надо принимать во внимание, что в сложившихся температурных условиях гибрид Снежинка F₁ не мог в полной мере реализовать свой генетический потенциал.

Результаты исследований

Результаты опытов следующие. Количество растений на гектар порядка 40000 шт., на одну сотку – 400 шт.

Диаметр розетки 56,6 см, листья розетки полуприподнятые, количество листьев в розетке 14 шт., масса – 0.69 кг, то есть за счет розеточных листьев в почву может возвращаться более 27 т растительных остатков. При принятой схеме размещения растений гибрида перекрытие розеточных листьев в рядке составило 25%. В перспективе этот параметр при выращивании органической капусты надо минимизировать, чтобы уменьшить конкуренцию растения за свет, воду и питательные вещества почвы.

Характеристика кочанов гибрида Снежинка F₁ приведена в таблице 2.

Средняя масса кочанов составила 1,11 кг. При этом кочанов с товарной массой 0,8-1,2 кг – 83%, то есть выровненность кочанов высокая (рис. 2). Динамика нарастания товарной массы кочанов равна: 1110 г / 87 дн. = 12,76 г/сут. Расчетная урожайность оценивается в 44 т/га, а с одной сотки – 440 кг. Для органической капусты это, на наш взгляд, хороший показатель, имея в виду высокий уровень цен на органическую капусту.

Размеры кочанов гибрида Снежинка F₁: средний диаметр – 12,3 см, высота – 13,8 см при массе 1,11 кг соответствуют требованиям покупателей к этому виду органической овощной продукции (рис. 3). Индекс формы кочанов в выборке составил в среднем 1,12, при этом кочанов с округлой формой, индекс 1,04, было 61% и

Таблица 2. Биометрические показатели кочанов
Table 2. The biometric values of cabbage

Вегетационный период, дни		Масса, кг	Диаметр, см	Высота, см	Индекс формы	Расчетная плотность, г/см ³	Высота кочерыги в кочане, %
календарный	фактический						
87	70	1,11	12,3	13,8	1,12	1	38



Рис. 2. Капуста Снежинка F₁ на делянках
Fig. 2. The cabbage Snezhinka F₁ on the plot

39% – с редко встречающейся овальной формой с индексом 1,3. Надо отметить, что в опытах 2008 года, – это была первая репродукция гибрида, кочаны были с округлой формой (индекс 1,0). Поэтому изменение формы кочанов возможно связано с условиями выращивания семян.



Рис. 3. Кочаны гибрида Снежинка F₁
Fig. 3. The heads of hybrid Snezhinka F₁

Для кочанов округлой формы расчетная плотность составляет 1 г/см³, в разрезе (рис. 4) ее можно оценить в 5 баллов, лист белый, достаточно толстый, сложной конфигурации.

Поэтому при пробной солке гибрида Снежинка F₁ капуста подготавливалась рубкой, шинковка не получится.



Рис. 4. Внутреннее строение кочана
Fig. 4. The internal structure of cabbage

Растения гибрида Снежинка F₁ имеют крепкую наружную кочерыгу высотой 5,3 см (рис. 5), что позволяет проводить подокучивание растений в рядке. Этот агротехнологический прием предупреждает уплотнение почвы и обеспечивает борьбу с сорняками в рядках. Кроме того, этот прием позволяет регулировать массу кочанов за счет развития дополнительной корневой системы из спящих почек кочерыги.

Основные повреждения кочанов связаны с капустной совкой, что видно на рисунке 6. При этом повреждения относятся в основном к прилегающим розеточным листьям. Проникновение совки внутрь кочанов (отмечено на рис. 6) не наблюдалось. Также на прилегающих листьях видны повреждения от трипсов. Распространение этого вредителя внутрь кочанов не отмечено.



Рис. 5. Строение наружной кочерыги
Fig. 5. The structure of external cabbage stalk



Рис. 6. Основные повреждения кочанов
Fig. 6. The main damages of cabbage

Табл. 3. Биохимические показатели образцов капусты
Table 3. The biochemical values of cabbage samples

Наименование	Вегетационный период от посадки, дни	Средняя масса кочанов, кг	Сухое вещество, %	Сахара, %			Аскорбиновая кислота, мг%	Нитраты, мг/кг
				моно	ди	сумма		
Снежинка F ₁	87	1,11	7,3	3,10	0,08	3,18	28,5	325
Куизор F ₁	91	2,30	6,56	3,38	0,3	3,68	22,02	420

Признаков или склонности кочанов гибрида Снежинка F₁ к растрескиванию не отмечено.

Сравнительная оценка двух гибридов с примерно одинаковым вегетационным периодом показала (табл. 3), что по биохимическим показателям гибрид Снежинка F₁ сопоставим со среднеспелым гибридом Куизор F₁, который находится в фазе биологической спелости.

При этом он незначительно – на 13,6% уступает Куизору F₁ по сумме сахаров, но у него на 22,7% больше содержание аскорбиновой кислоты и на 22,6% меньше содержание нитратов. При этом кочаны гибрида Куизор F₁ не соответствуют требованиям покупателей органической капусты по массе кочанов.

Заключение

Испытание среднеспелого гибрида капусты белокочанной Снежинка F₁, показало, что он соответствует требованиям покупателей органической продукции. Во-первых, капуста не содержит пестицидов, выращивается без применения минеральных удобрений на естественном плодородии почвы. Во-вторых, кочаны порционные, диаметром 12,3 см, массой 0,8-1,2 кг, высокой плотности. В-третьих, и это крайне важно при таких биометрических показателях, капуста достигает фазы биологической спелости на уровне и даже выше ряда показателей популярного среднеспелого гибрида Куизор F₁, что обеспечивает ее высокую пищевую и биологическую ценность.

Все это дает основание считать, что гибрид Снежинка F₁ может использоваться как полноценный органический продукт для здорового и лечебно-диетического питания.

Об авторах:

Борис Михайлович Молоков – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, технолог-овощевод, адрес для переписки, polina-golysheva@yandex.ru

About the Author:

Boris M. Molokov – Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, vegetable grower technologist, Correspondence, polina-golysheva@yandex.ru

• Литература / References

- Abbott L.K., Manning D.A. C. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*. 2015;4(3):116.
- Connor D. J. Organic agriculture and food security: A decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*. 2018;(225):128–129.
- Guerena, M. (2006) *Cole Crops and Other Brassicas: Organic Production*. ATTRA- National Sustainable Agriculture Information Service. (http://attra.ncat.org/new_pubs/attra-pub/cole.html?id=NewYork).
- Seaman, Abby. *Production Guide for Organic Cole Crops: Cabbage, Cauliflower, Broccoli, and Brussels Sprouts*. Publisher: New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University (New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY). 2016. 73 p.

- Purdue University. *MidwestVegetable Production Guide for Commercial Growers*. 2016.

<https://ag.purdue.edu/btny/midwest-vegetableguide/Pages/default.aspx>

- Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992 [Belik, V.F. Methods of Experimentation in Vegetable and Melon Growing. Moscow, Agropromizdat, Publ., 1992. (In Russ.)]
- Китаева И.Е. Капуста. М.: «Московский рабочий», 1977. [Kitaeva I.E. Cabbage. Moscow, «Moskovskiy rabochiy», 1977 (In Russ.)]
- Ванеян С.С. Режимы орошения и техника полива овощных культур (рекомендации). М.: Россельхозиздат, 1985. [Vaneyan S.S. The regimes of irrigation and technology of watering of vegetable cultures (recommendations). Moscow: «Rossel'khozizdat», 1985. (In Russ.)]

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-51-58>
УДК: 635.342:631.155:658.511(470)

О.А. Разин^{1*}, Т.Н. Сурихина²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, РФ, Московская область, Раменский район, д. Верее, стр. 500

*Автор для переписки: oleg.rasin@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Разин О.А., Сурихина Т.Н. Анализ производства капусты в России. *Овощи России*. 2022;(6):51-58. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-51-58>

Поступила в редакцию: 29.09.2022

Принята к печати: 03.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Oleg A. Razin^{1*}, Tatyana N. Surikhina²

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

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

*Correspondence Author: oleg.rasin@gmail.com

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Razin O.A., Surikhina T.N. Analysis of cabbage production in Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):51-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-51-58>

Received: 29.09.2022

Accepted for publication: 03.11.2022

Published: 02.12.2022

Анализ производства капусты в России



Резюме

Актуальность. В статье проанализированы показатели производства капусты белокачанной в России (по округам, субъектам федерации и категориям хозяйств).

Методология. Объект исследования - рынок производства капусты белокачанной. Предмет исследования – современное состояние производства капусты белокачанной. Информационную базу исследования составили данные ФАО, официальной государственной статистики, Федеральной таможенной службы, Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства финансов РФ, Парламентских слушаний Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, Евразийского экономического союза, Евразийской экономической комиссии, оперативные онлайн-сообщения федеральных и региональных уровней, материалы периодической печати, научных семинаров, конференций, симпозиумов, отражающие различные аспекты исследуемой проблемы.

Результаты. В промышленном секторе овощеводства посевные площади капусты всех видов в 2021 году, по отношению к 2020 году, сократились на 15,8%. На протяжении последних десяти лет в хозяйствах всех категорий наблюдалось снижение посевных площадей и валового сбора капусты. В российском овощеводстве сохраняется ряд системных проблем, которые ограничивают увеличение производства овощной продукции и негативно сказываются на его эффективности: слабая техническая и материальная вооруженность значительной части хозяйств, занимающихся производством овощей, устаревшая техническая база, недостаточная обеспеченность посевов семенами отечественного производства. Одну из ведущих ролей в выполнении политики продовольственной безопасности и национальной независимости играет селекция и семеноводство капусты белокачанной. Санкции дают возможность осуществить импортозамещение сортов и гибридов капусты белокачанной. На сегодняшний день главная задача – отказаться от импорта семян иностранной селекции, в связи с чем важно сконцентрироваться на создании новых гибридов, которые будут отличаться высоким качеством, хорошей урожайностью, а также устойчивостью к болезням и вредителям. Современные гибриды селекции ФГБНУ ФНЦО и Агрофирмы «Поиск» по результатам испытания в ведущих сельхозорганизациях вполне удовлетворяют требования рынка и могут занять достойное место на полях в РФ.

Ключевые слова: капуста белокачанная, импортозамещение, урожайность, валовой сбор

Analysis of cabbage production in Russia

Abstract

Relevance. The article analyzes the indicators of white cabbage production in Russia (by districts, subjects of the federation and categories of farms).

Methodology. The object of research is the market for the production of white cabbage. The subject of the study is the current state of white cabbage production. The information base of the study was made up of data from FAO, official state statistics, the Federal Customs Service, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Ministry of Finance of the Russian Federation, Parliamentary hearings of the State Duma Committee on Agrarian Issues, the Eurasian Economic Union, the Eurasian Economic Commission, operational online messages of federal and regional levels, materials of periodicals, scientific seminars, conferences, symposiums, reflecting various aspects of the problem under study.

Results. In the industrial sector of vegetable growing, the acreage of cabbage of all types in 2021, in relation to 2020, decreased by 15.8%. Over the past ten years, there has been a decrease in acreage and gross cabbage harvest in farms of all categories. There are a number of systemic problems in Russian vegetable growing that limit the increase in vegetable production and negatively affect its effectiveness: weak technical and material equipment of a significant part of farms engaged in vegetable production, outdated technical base, insufficient provision of crops with seeds of domestic production. One of the leading roles in the implementation of the policy of food security and national independence is played by the selection and seed production of white cabbage. Sanctions make it possible to carry out import substitution of varieties and hybrids of white cabbage. To date, the main task is to abandon the import of seeds of foreign selection, and therefore it is important to focus on creating new hybrids that will be of high quality, good yield, as well as resistance to diseases and pests. Modern hybrids of breeding FGBNU FNTSO and Agrofirma "Poisk" according to the results of testing in leading agricultural organizations fully meet the requirements of the market and can take a worthy place in the fields in the Russian Federation.

Keywords: white cabbage, import substitution, productivity, harvest

Агропромышленный комплекс – отрасль, обеспечивающая продовольственную безопасность страны. В 2006 году стартовал нацпроект «Развитие АПК», позже переросший в госпрограмму. Несмотря на критику, принятые меры господдержки помогли добиться ряда значимых успехов. Нынешняя посевная кампания в РФ прошла в новых условиях, связанных с резким ростом цен на все составляющие. Вводимые против РФ санкции и ограничения наносят удар по всей мировой экономике, включая страны, вводящие санкции. В других государствах также растет инфляция, стоимость энергоносителей и продовольствия, возникают проблемы с функционированием ряда компаний и пр. Это меняет конъюнктуру глобального рынка, расстановку сил, принятые основы взаимодействия и т.п.

В 2022 году аграрии ждут рекордного за последние годы урожая овощей «борщевого набора». В Минсельхозе спрогнозировали расширение посевных площадей под них: под картофель – почти на 7%, под капусту, лук, свеклу и другие – на 8%. Об этом сказано в документах мини-

В мире существует более ста видов капусты. Самые популярные – цветную, краснокочанную, брюссельскую, пекинскую, савойскую, кольраби и брокколи – легко можно найти на полках европейских супермаркетов. В соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ №614 от 19 августа 2016 года «Об установлении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевой продукции, отвечающим требованиям здорового питания», норма потребления на человека в год капусты (капуста белокочанная, краснокочанная, цветная и др.) – 40 кг в год. Среднегодовая самообеспеченность капустой в 2017-2021 годах составила и 88,6% против 83,2% в 2012-2016 годах. Таким образом, несмотря на рост самообеспеченности, Россия пока что не может обеспечить себя капустой в полном объеме. В России же самым распространенным видом стала капуста белокочанная – она идеально подходит для нашего холодного и влажного климата.

По данным Росстата посевная площадь под капусту в 2021 году сократилась на 6 тыс. га по сравнению с 2020 годом и на 12 тыс. га по сравнению с 2016 годом (табл. 1).

Таблица 1. Посевная площадь капусты в хозяйствах всех категорий РФ, тыс. га
Table 1. The sown area of cabbage in farms of all categories of the Russian Federation, thousand hectares

	Год Year					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего по всем овощным культурам Total for all vegetable crops	551	535	526	517	512	498
в т.ч. капуста including cabbage	83	80	76	76	77	71

[Росстат, Дата обращения 20.09.2022 год]
[Rosstat, accessed 20.09.2022]

стерства, с которыми ознакомились «Известия». Рост площадей позволит добиться увеличения сбора овощей на 10%, до около 13 млн т – такой показатель ранее был лишь в 2019 году. За счет этого урожая в сентябре стоимость «борщевого набора» может сократиться на 5–10%, предположили эксперты.

Капуста белокочанная используется как сырье для перерабатывающей промышленности, а также в традиционной медицине и в пище. Из-за ее доступности на местных рынках и предпочтений потребителей она является важным источником фитонутриентов в рационе человека [1,2].

Ежегодно в мире производится 71803269 тонн капусты. Китай является крупнейшим производителем капусты в мире с объемом производства 33881515 тонн в год. Индия занимает второе место с годовым объемом производства 8755 000 тонн. Китай и Индия вместе производят более 59% мировой капусты. С объемом производства 3 618771 тонн в год Российская Федерация является третьим по величине производителем капусты [3].

Крупнейшим экспортером капусты в 2021 году была Испания с экспортной стоимостью 532 млн долларов США. Крупнейшим импортером в 2021 году была Германия со стоимостью импорта 120 млн долларов США. Крупнейшим производителем в 2020 году был Китай с объемом производства 33,8 млн метрических тонн.

В Российской Федерации под капустой занято около 14% от всех посевных площадей овощей открытого грунта.

Посевная площадь в хозяйствах всех категорий на протяжении шести лет уменьшилась (табл. 2). По всем категориям хозяйств наблюдается сокращение посевов капусты. Многие фермеры и сельскохозяйственные организации отказываются от выращивания капусты из-за низкой доходности. Республика Дагестан – лидер по выращиванию капусты, посевная площадь составляет в 2021 году 13,4 тыс. га, капустой занимают любой свободной клочок земли, в республике испытывают отечественные гибриды капусты. Воронежская и Московская область занимает площади под капустой по 2,8 тыс. га.

В структуре посевов капуста преобладает в Северо-Кавказском – 23,0%, Центральном – 22,0%, Приволжском – 19,0% федеральном округе России. В Южном федеральном округе практически весь урожай идет на продажу в другие регионы РФ. Производители южных регионов России специализируются на выращивании в основном ранних гибридов капусты, остальные – на среднеранних и поздних сортах.

Фермерские хозяйства предпочитают выращивать капусту. За исследуемый период (2016-2021 годы) в крестьянских (фермерских) хозяйствах посевная площадь под капустой в 2020 году увеличилась по сравнению с 2016 годом на 5 тыс. га, но в 2021 году этот показатель сократился на 4 тыс. га, что связано, в первую очередь, с погодными условиями, с нехваткой рабочей силы, с повышением себестоимости многих материальных ресурсов и др. (табл. 3).

Таблица 2. Посевная площадь капусты в хозяйствах всех категорий по субъектам Российской Федерации, тыс. га
Table 2. The sown area of cabbage in farms of all categories by subjects of the Russian Federation, thousand hectares

Регионы Regions	Год Year					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Российская Федерация Russian Federation	82,9	79,9	75,8	75,8	76,8	71,3
Центральный федеральный округ Central Federal District	18,7	18,2	16,9	16,8	16,8	15,7
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	3,7	3,4	3,3	3,5	3,9	3,6
Южный федеральный округ Southern Federal District	8,6	8,2	7,7	8,3	8,8	7,7
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	17,4	16,8	16,1	15,9	16,6	16,8
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	17,1	16,3	15,5	15,7	16,3	14,5
Уральский федеральный округ Ural federal district	4,2	4,3	3,9	3,7	3,5	3,1
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	8,9	8,4	7,1	7,0	6,8	6,2
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	4,3	4,3	5,2	4,8	4,2	3,7

[Росстат, Дата обращения 20.09.2022 год]
[Rosstat, accessed 20.09.2022]

Таблица 3. Посевная площадь капусты в Российской Федерации по категориям хозяйств (данные Росстата, тыс. га)
Table 3. The sown area of cabbage in the Russian Federation by category of farms (Rosstat data, thousand hectares)

Год Year	Хозяйства всех катего- рий Farms of all categories	В том числе Including		
		сельскохозяйственные организа- ции agricultural organizations	крестьянские (фермерские) хозяй- ства peasant (farm) economy	хозяйства населения economy of the population
2016	83	15	15	53
2017	80	14	16	50
2018	76	12	15	49
2019	76	11	17	47
2020	77	11	20	46
2021	71	10	16	46

В последние годы урожай овощей имеет тенденцию к спаду, так и капуста в течение пяти лет сократила валовой сбор на 331 тыс. т. (табл. 4). По мнению директора Национального плодовоовощного союза М. Глушкова, глу-

бинные причины многолетнего застоя в аграрном секторе, что овощеводство связано с мелкими хозяйствами, которые медленно внедряют технологические новшества, а государство не слишком им помогает.

Таблица 4. Валовые сборы капусты в хозяйствах всех категорий РФ, тыс. т
Table 4. Gross cabbage harvest in farms of all categories of the Russian Federation, thousand tons

	Год Year				
	2017	2018	2019	2020	2021
Всего по всем овощным культурам Total for all vegetable crops	13612	13685	14104	13864	13478
в т.ч.: капуста including cabbage	2706	2519	2646	2652	2375

Таблица 5. Валовые сборы капусты в хозяйствах всех категорий по субъектам Российской Федерации, тыс. ц
Table 5. Gross cabbage collections in farms of all categories by subjects of the Russian Federation, thousand tons

Регион Region	Год Year				
	2017	2018	2019	2020	2021
Российская Федерация Russian Federation	27058,3	25193,7	26464,6	26516,3	23751,1
Центральный федеральный округ Central Federal District	5234,5	4638,7	5016,6	4726,4	4222,6
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	1133,2	1112,2	1211,2	1244,9	1167,8
Южный федеральный округ Southern Federal District	2237,7	1933,9	2288,9	2540,5	2077,8
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	7922,4	7580,1	7842,7	7720,4	7775,6
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	5634,5	5268,9	5624,8	5723,6	4611,8
Уральский федеральный округ Ural federal district	1582,2	1463,7	1432,3	1383,8	1096,4
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	2368,1	2254,5	2175,7	2329,0	2025,4
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	945,1	941,8	872,4	847,7	773,7

По данным Росстата РФ в 2021 году объем валового сбора капусты составила 23751,1 тыс. ц, что на 3307,2 тыс. ц ниже уровня 2017 года (табл. 5). Основное производство капусты в 2021 году собрано в Северо-Кавказском ФО – 32,7% от общероссийского показателя. На втором месте – Приволжский ФО (19,4%), на третьем месте – Центральный ФО (17,7%). Меньше всего было собрано в Дальневосточном ФО – 3,3%. Среди всех регионов России лидером по производству капусты является Республика Дагестан. В 2021 году фермеры и сельхозорганизации региона собрали около 7205,4 тыс. ц. В первую пятерку регионов по сбору капусты в России также вошли Московская область (1071,5 тыс. ц), Воронежская область (804,5 тыс. ц), Республика Марий Эл (754,5 тыс. ц), Волгоградская область (604,6 тыс. ц).

Основное производство капусты сосредоточено в хозяйствах населения. Значительные объемы производства капу-

сты в хозяйствах населения можно объяснить тем, что многие семьи в условиях резкого роста цен на продовольствие пытаются решить продовольственную проблему за счет собственного производства овощной продукции. В период с 2017 года по 2021 год во всех категориях хозяйств наблюдается снижение валового сбора (табл. 6).

В условиях обеспечения национальной продовольственной безопасности особое место занимает отечественный рынок овощей. Для насыщения его отечественными овощами необходимо повысить темпы производства овощей, которые в значительной степени определяются повышением урожайности овощных культур, что в определенной мере зависит от размещения овощеводческого хозяйства по природно-климатическим зонам страны [4].

С 2017 по 2019 годы урожайность капусты в хозяйствах всех категорий России остается в пределах от 33,0 до 35,6 т/га (табл. 7).

Таблица 6. Валовой сбор капусты в Российской Федерации по категориям хозяйств, 2017-2021 годы (данные Росстата, тыс. т)
Table 6. Gross cabbage harvest in the Russian Federation by category of farms, 2017-2021 (Rosstat data, thousand tons)

Год Year	Хозяйства всех категорий Farms of all categories	В том числе Including		
		сельскохозяйственные организации agricultural organizations	крестьянские (фермерские) хозяйства peasant (farm) economy	хозяйства населения economy of the population
2017	2706	492	494	1720
2018	2519	427	445	1647
2019	2646	458	535	1653
2020	2652	459	603	1590
2021	2375	364	435	1576

Таблица 7. Урожайность капусты в хозяйствах всех категорий Российской Федерации, т/га
Table 7. Cabbage yield in farms of all categories of the Russian Federation, t/ha

	Год Year				
	2017	2018	2019	2020	2021
Всего по всем овощным культурам Total for all vegetable crops	24,1	24,3	25,1	24,5	24,2
в т.ч.: капуста including cabbage	33,0	33,8	35,6	35,2	33,8

Таблица 8. Урожайность капусты в Российской Федерации по категориям хозяйств, 2017-2021 годы (данные Росстата, т/га)
Table 8. Cabbage yield in the Russian Federation by farm category, 2017-2021 (Rosstat data, t/ha)

Год Year	Хозяйства всех категорий Farms of all categories	В том числе Including		
		сельскохозяйственные организации agricultural organizations	крестьянские (фермерские) хозяйства peasant (farm) economy	хозяйства населения economy of the population
2017	33,0	38,6	34,8	31,8
2018	33,8	39,2	30,0	33,6
2019	35,6	42,8	32,7	34,9
2020	35,2	45,5	32,0	34,2
2021	33,8	39,4	28,9	34,4

Сельскохозяйственные организации обеспечивают получение более высокой урожайности капусты (табл. 8).

В сельскохозяйственных организациях высокий уровень урожайности капусты был зафиксирован в 2020 году – 45,5 т/га, в КФХ в 2017 году – 34,8 т/га, а в хозяйствах населения в 2019 году – 34,9 т/га. На урожайность капусты влияет много факторов, такие как грамотный выбор лучшего сорта капусты, обеззараживание семян, качественная рассада, недопущение излишне густой посадки, систематическое внесение комплекса удобрений, регулярный полив и т.д.

С 2017 по 2021 годы урожайность капусты уменьшается, кроме Сибирского ФО и Дальневосточного ФО. Лидером по урожайности в 2021 году была Республика Дагестан 53,5 т/га, Тюменская область – 45,1 т/га, Оренбургская область – 44,2 т/га, Магаданская область – 41,7 т/га, Томская область – 41,4 т/га, Омская область – 40,3 т/га (табл. 9).

Согласно Приказу № 614 от 19 августа 2016 года утверждены рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. По капусте рекомендуемая

Таблица 9. Урожайность капусты в хозяйствах всех категорий по субъектам Российской Федерации, т/га
Table 9. Cabbage yield in farms of all categories by subjects of the Russian Federation, t/ha

Регион Region	Год Year				
	2017	2018	2019	2020	2021
Российская Федерация Russian Federation	34,7	33,7	35,6	35,1	33,8
Центральный федеральный округ Central Federal District	29,6	28,0	30,1	28,9	27,6
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	36,0	34,1	35,7	33,7	32,5
Южный федеральный округ Southern Federal District	28,0	25,2	28,0	29,1	27,7
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	47,4	47,1	49,3	46,7	46,4
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	35,3	34,0	36,4	35,4	32,4
Уральский федеральный округ Ural federal district	37,1	37,7	38,9	39,5	34,9
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	31,8	31,8	31,2	34,6	33,2
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	19,7	20,3	20,6	22,0	27,8

Таблица 10. Производство капусты в расчете на одного человека, кг
Table 10. Cabbage production per person, kg

Овощи Vegetables	Рекомендуемая норма потребления в год, кг Recommended consumption rate per year, kg	Год Year					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Овощи и бахчевые Vegetables and gourds	140	102,7	105,1	106,6	108,3	94,5	77,5
в т.ч.: капуста including: cabbage	40	18,7	18,4	17,2	18,0	18,1	16,2

норма потребления в год составляет 40 кг на 1 человека (табл. 10).

В современных условиях исходя из численности населения страны и рациональных норм потребления ежегодная потребность населения РФ в капусте в соответствии с рациональными нормами потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, составляет 40 кг/год. Современный уровень производства капусты в России не удовлетворяет растущие потребности населения страны.

Самообеспеченность населения капустой в 2021 году составила всего 40,8%. Однако, несмотря на рост производства, Россия в настоящее время не может обеспечить себя капустой в полном объеме (табл. 11).

Послеуборочная сохраняемость капусты непродолжительна. Поэтому в марте – апреле возникает дефицит ее продукции из-за низкой лежкости и неправильного определения оптимальных сроков реализации. Оптимальный срок хранения для большинства сортов и гибридов капусты белокочанной – 4–5 месяца. Сельхозпроизводители выращивают высокоинтенсивные гибриды зарубежной селекции и применяют самые современные агротехнологии, что обеспечивает высокий уровень урожайности. В России в последние годы созданы новые гибриды капусты белокочанной различных сроков созревания с целью разработки конвейера поступления продукции, не уступающей зарубежной, а даже превосходящей по вкусовым и биохимическим показателям. Однако они недостаточно известны в овощеводческих хозяйствах. Рентабельное хранение кочанов гибридов отечественной селекции Бомонд Агро F₁, Герцогиня F₁, Идиллия F₁, Килатон F₁, Северянка F₁ и Мечта F₁, демонстрирующих значимые результаты импортозамещения, возможно до 5–6 месяцев. Это позволяет обеспечить потребление

россиянами капусты белокочанной в зимне-весенний период [5,6].

Среднегодовой объем внутреннего потребления капусты всех видов промышленного выращивания, без учета возможных потерь при хранении и транспортировке, в 2017–2021 годах, по расчетам АБ-Центр, составил 1 063,7 тыс. т, что незначительно превышает объемы за 2012–2016 годы, но несколько меньше, чем в 2007–2011 годах [7].

Прирост связан с расширением объемов промышленного производства капусты в стране (за исключением неурожайного 2021 года). Импортные поставки за последние годы в целом несколько снизились (в 2022 году отмечается рост поставок, но это носит временный характер и опять же связано с неурожаем в 2021 году).

В период с 23.08.2021 г. по 22.04.2022 г. цены на капусту растут во всех федеральных округах, это связано с сезонностью. Также рост цен на капусту в России связан с низкими объемами сборов и сокращение посевных площадей в 2021 году (табл. 12). Такая динамика цен вызвана целым рядом причин. Среди общих факторов можно назвать последствия резкого скачка цен из-за ажиотажного спроса в конце февраля – начале марта, которые ощущаются до сих пор. Начиная с апреля и по май 2022 года включительно, цены на капусту снижаются. Это обусловлено расширением импортных поставок данного вида овоща. Часть потребителей перешла в режим экономии. Высока вероятность того, что сборы в 2022 году будут находиться на прошлогодних отметках, что послужит причиной очередного сезона высоких цен на капусту. Многие будут зависеть и от природно-климатических факторов в период созревания и уборки урожая. Погодные условия весной 2022 года из-за в целом низких для этого времени года температур выступают не в пользу повышения урожайности.

Таблица 11. Обеспеченность населения Российской Федерации капустой собственного производства
Table 11. Provision of the population of the Russian Federation with cabbage of its own production

Овощи Vegetables	Потребность в овощах с учётом норм питания, тыс. т The need for vegetables, taking into account nutritional standards, thousand tons	Год Year			
		2020		2021	
		произведено овощей, тыс. т vegetables produced, thousand tons	самообеспеченность, % self-sufficiency, %	произведено овощей, тыс. т vegetables produced, thousand tons	самообеспеченность, % self-sufficiency, %
Овощи и бахчевые Vegetables and gourds	20544,8	15448	75,2	15375	74,8
в т.ч.: капуста including: cabbage	5869,9	2652	45,2	2372	40,4

Таблица 12. Средние потребительские цены на капусту белокочанную свежую в РФ, руб./кг
Table 12. Average consumer price for fresh white cabbage in the Russian Federation, RUB/kg

Регионы Regions	23.08. 2021 г.	13.09. 2021 г.	01.11. 2021 г.	29.11. 2021 г.	27.12. 2021 г.	28.01. 2022 г.	25.02. 2022 г.	25.03. 2022 г.	22.04. 2022 г.	27.05. 2022 г.
Российская Федерация Russian Federation	43,15	41,30	40,77	43,98	52,59	60,27	66,28	86,47	90,65	71,85
Центральный федеральный округ Central Federal District	43,63	41,36	40,67	42,14	50,60	58,94	65,36	81,92	89,05	75,69
Северо-Западный федеральный округ Northwestern Federal District	45,77	43,15	41,49	43,15	55,46	62,30	69,94	98,84	94,14	77,78
Южный федеральный округ Southern Federal District	42,15	43,67	43,28	46,92	55,17	59,55	66,53	87,62	89,13	71,59
Северо-Кавказский федеральный округ North Caucasian Federal District	37,81	41,36	42,63	46,11	52,94	57,21	62,03	86,90	86,40	67,75
Приволжский федеральный округ Volga Federal District	37,99	36,10	36,21	39,99	47,23	56,60	62,41	79,65	86,71	62,44
Уральский федеральный округ Ural federal district	40,22	36,09	36,78	40,85	47,36	57,48	62,44	83,47	96,37	65,89
Сибирский федеральный округ Siberian Federal District	42,92	35,17	35,48	42,11	53,29	64,05	70,11	91,66	93,18	61,87
Дальневосточный федеральный округ Far Eastern Federal District	70,28	63,19	56,70	62,87	72,22	81,72	89,71	105,20	110,26	98,48

Источник: <https://rosstat.gov.ru>. Дата обращения 10.08.2022 г.

Импорт в 2020 году по сравнению с 2017 годом сократился на 31,7 тыс. т. Основная часть импорта капусты приходится на Китай (33,5%), Узбекистан (28,5%), Иран (12,8%), Беларусь (10,2%), Казахстан (6,0%), на остальные страны приходится около 9,0%. Импорт в январе-феврале 2021 года капусты в Россию составил 12,9 тыс. т, поставляли такие страны, как Китай (29,3% от всех поставок капусты), Узбекистан (23,7%), Иран (22,7%), Казахстан (9,4%), Беларусь (6,3%). В январе-апреле 2022 года, по отношению к аналогичному периоду 2021 года, ввоз капусты всех видов в РФ (без учета торговли со странами ЕАЭС и Ираном) вырос на 45,9%. В 2022 году импортные поставки (без учета торговли со странами ЕАЭС и Ираном) формируются в основном за счет Китая,

Узбекистана и Турции. В любом случае, импортные поставки капусты в Россию, даже в условиях расширения предложения со стороны российских производителей, в определенных объемах будут осуществляться, что связано с потребительскими предпочтениями. Ввоз капусты в РФ осуществляется, как правило, в марте-июне. Это капуста нового урожая – качественно другой продукт по сравнению с продуктом, который подвергся долгосрочному хранению.

В 2017 году экспорт капусты в РФ составлял 18,0 тыс. т, в 2018 – 18,3, в 2019 – 13,5 и 2020 – 16,3 тыс. т соответственно.

В 2021-2022 годах отмечается укрепление цен на капусту как в оптовом, так и в розничном звене.

Весной 2022 года рост цен усилился. Пиковых значений показатели достигли в марте-начале апреля 2022 года. Рост цен на капусту в России связан с низкими объемами сборов в 2021 году. Начиная с середины апреля и по май 2022 года включительно, цены на капусту снижаются. Это обусловлено расширением импортных поставок. Однако многое будет зависеть и от природно-климатических факторов в период созревания и уборки урожая. Погодные условия весной 2022 года из-за низких для этого времени года температур выступают не в пользу повышения урожайности. Высока вероятность того, что сборы в 2022 году будут находиться на прошлогодних отметках, что послужит причиной очередного сезона высоких цен на капусту.

Заключение.

Для повышения уровня продовольственной безопасности России необходимо обеспечить устойчивое развитие отечественного производства, физическую и экономическую доступность продовольствия высокого уровня качества для населения.

В Российской Федерации производство капусты и овощей борщевой группы направлено, в первую очередь, для обеспечения спроса населения. Бесперебойное снабжение населения капустой белокочанной в течение круглого года возможно при организации длительного хранения.

Посевная площадь под капустой в хозяйствах всех категорий на протяжении шести лет уменьшилась.

Многие фермеры и сельскохозяйственные организации отказываются от выращивания капусты из-за низкой доходности. Основное производство капусты в 2021 году собрано в Северо-Кавказском ФО, Республика Дагестан – лидер по выращиванию капусты. По данным Росстата РФ в 2021 году объем валового сбора капусты составила 23751,1 тыс. ц, что на 3307,2 тыс. ц ниже уровня 2017 года. Лидером по урожайности в 2021 году была Республика Дагестан – 53,5 т/га, Тюменская область – 45,1 т/га, Оренбургская область – 44,2 т/га, Магаданская область – 41,7 т/га, Томская область – 41,4 т/га, Омская область – 40,3 т/га.

В настоящее время правительство переходит на новый уровень импортозамещения, нацеливаясь на то, чтобы отечественная сельхозпродукция выращивалась именно из российских семян. Сейчас, по экспертным оценкам, более 60% семян, которые используются в агропроме, иностранного происхождения. Но важно и то, чтобы переход на отечественные семена предполагал еще и ценовую доступность продукта. По прогнозам аналитиков, Россия сможет полностью обеспечить себя семенами к 2025-2030 годам. Для ускоренного импортозамещения целесообразно развивать такие формы поддержки, как прямое финансирование затрат в области семеноводства, предоставление льгот, займов и гарантий. Необходимо разработать целевую государственную программу по переходу отрасли на отечественный посевной материал.

Об авторах:

Олег Анатольевич Разин – кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Заместитель директора по имущественным и земельным вопросам, <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>, автор для переписки, oleg.rasin@gmail.com

Татьяна Николаевна Сурихина – младший научный сотрудник отдела экономики и прогнозов, 9153756862@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-9505>

About the Authors:

Oleg A. Razin – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>, Correspondence Author, oleg.rasin@gmail.com

Tatyana N. Surikhina – Cand. Sci. (Agriculture), Junior Researcher, Department of Economics and Forecasts, 9153756862@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9211-9505>

Литература

1. Королькова А.П., Кузнецова Н.А., Иванова М.И., Шатилов М.В., Ирклов И.И., Ильина А.В., Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е. Экономические аспекты развития овощеводства России. М., ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 204 с.
2. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Пивоваров В.Ф., Шатилов М.В., Иванова М.И., Россинская О.В., Разин О.А. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России. *Овощи России*. 2019;(2):9-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
3. Электронный ресурс: <https://www.atlasbig.com/ru>, дата обращения 19.09.2022 г.
4. Электронный ресурс: <https://www.atlasbig.com/ru>, дата обращения 19.09.2022 г.
5. Иванова М.И., Янченко Е.В., Янченко А.В., Вирченко И.И. Качество и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания. *Техника и технология пищевых производств*. 2021;51(4):690-700. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700>
6. Borisov V.A., Razin O.A., Ivanova M.I., Vasyukov I.Y., Menshikh A.M. Efficiency of application of fertilizers and meliorants in vegetable growing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. С. 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012072>
7. Электронный ресурс: <https://ab-centre.ru/news/potreblenie-kapusty-v-rossii-obschiy-obem-i-pokazateli-na-dushu-naseleniya->

References

1. Korolkova A.P., Kuznetsova N.A., Ivanova M.I., Shatilov M.V., Irkov I.I., Il'ina A.V., Kuzmin V.N., Marinchenko T.E. Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia. M., FGBNU "Rosinformagrotech", 2021. 204 p. (In Russ.)
2. Soldatenko A.V., Razin A.F., Pivovarov V.F., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Rossinskaya O.V., Razin O.A. Vegetables in the system of ensuring food security of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):9-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
3. Electronic resource: <https://www.atlasbig.com/ru>, accessed 19.09.2022
4. Electronic resource: <https://www.atlasbig.com/ru>, accessed 19.09.2022
5. Ivanova M.I., Yanchenko E.V., Yanchenko A.V., Virchenko I.I. Quality and Optimal Shelf Life of Late Season Green Cabbage. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):690-700. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700>
6. Borisov V.A., Razin O.A., Ivanova M.I., Vasyukov I.Y., Menshikh A.M. Efficiency of application of fertilizers and meliorants in vegetable growing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012072>
7. Electronic resource: <https://ab-centre.ru/news/potreblenie-kapusty-v-rossii-obschiy-obem-i-pokazateli-na-dushu-naseleniya->

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-59-65>
УДК 635.345:631.589.2.032

И.Т. Балашова¹, Л.Л. Бондарева¹,
Е.В. Пинчук¹, А.В. Молчанова¹,
Т.Е. Шевченко¹, Н.Е. Машченко²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО), 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Институт генетики, физиологии и защиты растений Академии наук Республики Молдова Республика Молдова, г. Кишинев, Страда Пэдурий, 20

*Автор для переписки: balashova56@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Балашова И.Т. и Бондарева Л.Л. – соавторы эксперимента, Балашова И.Т., Пинчук Е.В., Шевченко Т.Е. и Молчанова А.В. провели исследование, обработали и проанализировали данные. Бондарева Л.Л. и Машченко Н.Е. предоставили материал для изучения и консультационную помощь. Все авторы рассмотрели и одобрили это представление. Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Для цитирования: Балашова И.Т., Бондарева Л.Л., Пинчук Е.В., Молчанова А.В., Шевченко Т.Е., Машченко Н.Е. Выращивание растений капусты японской на многоярусной гидропонной конструкции с использованием природных иммуномодуляторов. *Овощи России*. 2022;(6):59-65. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-59-65>

Поступила в редакцию: 03.10.2022

Принята к печати: 30.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Irina T. Balashova¹, Lyudmila L. Bondareva¹,
Elena V. Pinchuk¹, Anna V. Molchanova¹,
Tatiana E. Shevchenko¹, Natalia E. Mashchenko²

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

² Institute Of Genetics, Physiology and Plant Protection 20, Strada Padurii, Chişinău, Republic of Moldova

*Correspondence: balashova56@mail.ru

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

Author contributions. Irina T. Balashova and Lyudmila L. Bondareva – conceived the experiment, Irina T. Balashova, Elena V. Pinchuk, Tatiana E. Shevchenko and Anna V. Molchanova performed the research, did the data management and analyzed the data. Lyudmila L. Bondareva provided breeding material and consulting assistance, Natalia E. Maschenko provided glycosides for the study and consulting assistance. Irina T. Balashova wrote the paper. All authors confirm that they participated in the writing of this article. All authors reviewed and approved this submission.

For citations: Balashova I.T., Bondareva L.L., Pinchuk E.V., Molchanova A.V., Shevchenko T.E., Mashchenko N.E. Cultivation of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* plants at the multi circle hydroponic installation with help of natural immunomodulators. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):59-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-59-65>

Received: 03.10.2022

Accepted for publication: 30.10.2022

Published: 02.12.2022

Выращивание растений капусты японской на многоярусной гидропонной конструкции с использованием природных иммуномодуляторов



Резюме

Актуальность. Современное овощеводство защищённого грунта базируется на применении в теплицах высоких технологий таких, как технологии вертикального овощеводства. Рост рынка вертикальной гидроponики обусловлен и новыми задачами обеспечения продовольственной безопасности государств в условиях нестабильности поставок продовольствия из-за нарушения традиционных логистических связей. В ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» в 2010-2020 годах разработана и внедрена программа по вертикальному овощеводству для культуры томата. В связи с расширением потребительского спроса на свежесрезанную зелень и «жёлто-зелёные» овощи исследован потенциал продуктивности и питательной ценности капусты японской в условиях вертикального овощеводства.

Цель исследования: характеристика продуктивности и биохимического состава листовой массы растений капусты японской в условиях вертикального овощеводства с использованием природных иммуномодуляторов.

Материалы исследований: семена и листья (розетка листьев) 2-х сортов капусты японской: Салат Мизуна (традиционный сорт из Японии, форма «мизуна») и Салют Юбилею (новый сорт селекции ФГБНУ ФНЦО, форма «мизуна»); природные иммуномодуляторы: флавоноидный гликозид линариозид и стероидные гликозиды молдстин и тригонеллозид. Методы исследований: обработка семян 0,005% водными растворами иммуномодуляторов; культивирование растений на пятиярусной гидропонной установке; аналитические методы: определение содержания сухого вещества и суммарного содержания антиоксидантов; биометрические методы; статистические методы: однофакторный дисперсионный анализ; двухфакторный дисперсионный анализ.

Результаты исследований. Установлена возможность выращивания растений капусты японской на многоярусных гидропонных конструкциях. Обработка семян иммуномодуляторами не оказывала влияния на всхожесть семян: она исходно была очень высокой (99-100%). Обработка гликозидами оказала влияние на биометрические показатели растений. У сорта Салат Мизуна увеличилась высота растений, однако общая масса растений не изменялась. Сорт Салют Юбилею положительно отреагировал на обработку иммуномодуляторами, существенно повысив общую массу растений за счёт увеличения числа листьев на растении. Содержание сухого вещества сохранялось, а суммарное содержание антиоксидантов возрастало при обработке вторичными метаболитами. Таким образом, использование иммуномодуляторов класса гликозидов позволяет повышать продуктивность капусты японской, ее витаминную ценность и безопасность при возделывании в условиях гидроponики.

Ключевые слова: вертикальное овощеводство, *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*, листовая масса, биохимический состав, иммуномодуляторы

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Cultivation of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* plants at the multi circle hydroponic installation with help of natural immunomodulators

Abstract

Relevance. Modern vegetable production in greenhouses is based on high tech-advantageous, such as vertical hydroponic technology. Increasing of vertical hydroponic market is conditioned with ensuring the food security of states in conditions instability of food deliveries due to violations of traditional logistic connections. The program of vertical tomato hydroponics was developed and used in practice at the FSBSI FSVC in 2010-2020. Productivity potential of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* cultivated at vertical hydroponic installation have been studied in connection with the spread of consumption of fresh greens and "yellow-green" vegetables.

The goal of the study was: the productivity characteristics and analysis of biochemical composition *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* cultivated at the five-circle vertical hydroponic installation with help of natural immunomodulators.

Materials and methods. Materials of study: seeds and leaves (rosette of leaves) from 2 varieties of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* – Japanese variety Salad Mizuna and new variety Salut Jubileu (originated from FSBSI FSVC); immune modulators – flavonoid glycoside linarozide and steroid glycosides moldstim and trigonellozide.

Methods. Seed treatment with 0,005%-water solutions of immune modulators; cultivation plants *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* at the five-circle vertical hydroponic construction; analytical methods: determination of dry matter; determination the sum of antioxidants in leaves of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*; biometry; statistical methods: one-factorial dispersion analysis and two-factorial dispersion analysis.

Results. Possibility of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* plants cultivation at multi circle hydroponic installations was established by authors. Seed treatment with water solutions of immune modulators wasn't influence on seedlings appearing (the quality of seeds was very high -99-100%). Height of plant (of rosette) the variety Mizuna was increased as the reaction on the seed treatment, but the weight of plants wasn't change. Salut Jubileu variety reacted with increasing the common weight of plants. Number of leaves was increased. The content of dry matter in leaves didn't change, but the sum content of antioxidants is rise significantly after seed treatment of immune modulators. The conclusion has been made: applying of immune modulators from glycosides class could to increase the productivity, vitamin value and safety cultivation of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* plants at multi circle hydroponics installation.

Keywords: vertical vegetable hydroponics, *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*, leaves, seed treatment, immune modulators, biochemical composition

Введение

Мировым трендом современного тепличного овощеводства является применение высокотехнологичных теплиц, обеспечивающих экономию материальных средств, электроэнергии и воды для питательных растворов. Наиболее поразительные результаты достигнуты при использовании технологий вертикального овощеводства: урожаи зеленных культур и трав с м² в 530 раз превышают урожаи с м², получаемые в полевых условиях [1]. В целом же к 2019 году рынок вертикальных гидропонных технологий оценивается в 8,1 млрд долларов, с прогнозом роста 12,1% в год и ожидаемым объёмом 16 млрд долларов к 2025 году [2]. Рост рынка вертикальной гидропоники обусловлен новыми задачами обеспечения продовольственной безопасности государств в условиях нарушения логистических цепочек при поставках продовольствия, связанных с неоднозначной политической ситуацией. Страны арабского мира, основную часть территорий которых составляют пустыни, ведут строительство вертикальных тепличных ферм. Голландская компания GrowGroup и арабская Rain Makers Capital Investment анонсировали строительство в Абу-Даби (ОАЭ) вертикальной фермы общей площадью 17,5 га для производства салатов и трав Green Factory Emirates. В год ферма будет производить 10 тыс. т листовых овощей: салата, шпината, листовой капусты [3].

В ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» в 2010-2021 годах реализована программа по вертикальному овощеводству: разработана технология выращивания овощей на многоярусной гидропонной конструкции, запатентована линейка сортов томата для этой цели, произведён необходимый запас оригинальных семян [4]. Технология апробирована в Республике Дагестан (фермерское хозяйство «ИП Умалатов», 2018 год) и за Северным Полярным кругом в посёлке нефтяников «Новый порт» на полуострове Ямал (2019-2020 годы). Но в настоящее время у потребителей нашей продукции, особенно из регионов Крайнего Севера, возник запрос на свежесрезанную зелень. Поэтому мы расширяем спектр культур для вертикального овощеводства, в том числе и за счёт так называемых «жёлто-зелёных» овощей, среди которых особая роль принадлежит японской капусте. Капуста японская – *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* (L.H. Bailey) Hanelt) – относится к восточно-азиатским подвидам, которые известны своими диетическими свойствами. Во-первых, это низкая калорийность с высоким содержанием воды и малым содержанием жиров. Во-вторых, данные подвиды капусты содержат все незаменимые аминокислоты, большое количество аскорбиновой кислоты (40-48 мг%), β-каротина (2,5-4,0 мг%), а также витамины В₁, В₂, РР, фолиевую кислоту, хлорофиллы, минеральные элементы – калий, кальций, фосфор, железо и около 130 мг/кг селена [5,6]. В-третьих, уровень накопления в зелени нитратов и тяжёлых металлов крайне низок (в пределах ПДК) [6]. Кроме того, капуста японская является неприхотливой и скороспелой культурой, отдающей урожай зелени через 35-40 дней после посадки. Может выращиваться в открытом и защищённом грунте, а также в домашних условиях [7]. К сожалению, данная ценная питательная и витаминная культура мало распространена в Российской Федерации. Но в настоящее время в связи с

обогащением пищевого рациона россиян спрос на «жёлто-зелёные» овощи значительно вырос. И в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» создан новый сорт японской капусты – Салют Юбилею, который пользуется повышенным спросом у любителей-овощеводов [8].

Вторичные метаболиты растений класса гликозидов известны своими антистрессовыми свойствами [9]. Их иммуномодуляторная активность была показана на овощных культурах семейств *Solanaceae*, *Cucurbitaceae*, *Apiaceae* [10-12]. Антистрессовая активность данных природных соединений в условиях многоярусной гидропоники могла бы стать прецедентом для использования их в беспестицидном цикле выращивания «жёлто-зелёных» овощей.

Цель исследования: охарактеризовать потенциал продуктивности и питательной ценности капусты японской в условиях вертикального овощеводства с использованием природных иммуномодуляторов.

Материалы исследований

Объектами исследований являлись:

2 сорта капусты японской сортогруппы Мизуна:

- Салат Мизуна – традиционный сорт из Японии,
 - Салют Юбилею – новый сорт селекции ФГБНУ ФНЦО.
- Материалом исследований служили семена и листья растений.

Иммуномодуляторы:

- флавоноидный гликозид линарозид, полученный методом экстракции 70% этанолом с последующей адсорбционно-распределительной хроматографией из растений *Linaria vulgaris* Mill. L. [13];
 - стероидный гликозид молдстим, полученный аналогичным методом из семян *Capsicum annuum* L.;
 - стероидный гликозид тригонеллозид, полученный аналогичным методом из растений *Trigonella officinalis* L.
- Материалом исследований служили 0,005% водные растворы данных соединений, в которых замачивали семена исследуемых сортов.

Методы исследований

1. Обработка семян. Семена капусты японской замачивали в 0,005%-ных водных растворах иммуномодуляторов и сразу же высевали в заранее подготовленные горшки ёмкостью 1 л, заполненные торфом с перлитом в соотношении 1:1. Число семян в горшке – 20 шт., число семян в повторности – 100 шт., число семян в повторении – 160 шт., в эксперименте – 800 шт. В качестве стандарта использовали замачивание семян в дистиллированной воде. Через 5 суток визуально оценили всхожесть семян, после чего в горшке оставили по 10 сеянцев (рис.1). Опыт провели в пятикратной повторности по Б.А. Доспехову [14], размещая горшки на каждом ярусе установки. Число растений в горшке – 10 шт., в повторности – 50 шт., в повторении – 80 шт., в эксперименте – 400 шт.

2. Культивирование растений капусты японской на пятиярусной узкостеллажной гидропонной установке. Подготовленную рассаду (растения высотой до 10 см, рис. 2) размещали на установке в соответствии со схемой эксперимента. Для выращивания растений использовали питательный раствор, который был разработан ранее [15], и подавался на ярусы установки автоматиче-

ски с помощью распределительного узла подачи питательного раствора фирмы НПО «ФИТО». Растения выращивали при искусственном освещении. Источниками света служили лампы Дна 3-400 (ООО «Рефлекс»). При выращивании растений поддерживали температуру воздуха в пределах +22...+24° С днём и +18+20° С ночью, относительную влажность воздуха в пределах 50-60%. Продолжительность светового периода – 16 час/сутки.

3. Аналитические методы

- Определение содержания сухого вещества проводили гравиметрическим методом - путём высушивания зелени до постоянной массы при 70°С [16].

- Содержание суммы антиоксидантов определяли титрованием 1 мл 0,05 N раствора KMnO_4 в среде 0,24 M H_2SO_4 анализируемым раствором (экстрактом высушенных надземных частей растений в 70% спирте) до обесцвечивания раствора перманганата калия [17]. Результаты исследований выражали в мг-экв. галловой кислоты/г сухой массы.

4. Биометрические методы исследований.

Биометрию проводили по следующим параметрам: высота растений, общая масса образца, средняя масса 1 растения, длина листа, число долей листа, среднее число листьев.

5. Статистические методы исследований.

Статистическую обработку данных экспериментов проводили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [14], а также используя пакет прикладных программ Microsoft Excel, 2010.



Рис.2. Рассада капусты японской, ФГБНУ ФНЦО, 29.04.2021
Fig.2. Young plants of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*, FSBSI FSVC, 2021.04.29.



Рис. 1. Всходы капусты японской. ФГБНУ ФНЦО. 23.04.2021
Fig.1. Seedlings of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*. FSBSI FSVC.23.04.2021



Рис.3. Растения капусты японской на пятиярусной гидропонной конструкции, ФГБНУ ФНЦО, 2021 год
Fig.3. *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* cultivated at the fifth-circle hydroponic installation, FSBSI FSVC, 2021

Результаты исследований**Фазы развития капусты японской**

Фенологические наблюдения провели в период с 18.04.2021 по 23.05.2021. За этот период были отмечены следующие фазы развития растений: всходы – 23.04.2021, сеянцы (высота растения 10 см) – установка растений на многоярусную гидропонную конструкцию – 29.04.2021. Взрослые растения – срезка растений на зелень (уборка растений) – 23.05.2021.

Определение всхожести семян капусты японской

Посев семян капусты, предварительно обработанных водными растворами гликозидов, провели 18.04.2021. На 5 сутки 23.04.2021 визуально определили всхожесть семян. Результаты, обработанные статистически в 2022 году, представлены в таблицах 1 и 2.

Поскольку $F_{05} > F_{\text{факт.}}$, различия между вариантами опыта несущественны, т.е. гликозиды не оказали существенного влияния на изменение всхожести семян у капусты японской. Это можно объяснить ещё и тем, что семена были

свежими (2017 и 2020 года) и хорошего качества. Они начали прорастать сразу же после замачивания.

Анализ морфологических параметров капусты японской

Полный биометрический анализ растений по всем морфологическим показателям, перечисленным в разделе «Материалы и методы», провели одновременно – 23.05.2021. Результаты исследований, обработанные статистически с помощью программы Microsoft Excel 2010 в 2022 году, и дополненные вычислением НСР₀₅ по Б.А. Доспехову [14], представлены в таблице 3. Анализ данных таблицы 3 показывает, что гликозиды оказали положительное влияние на изменение высоты розетки у сорта японской капусты Салат Мизуна: под действием молдстима и линарозида она существенно возросла. Сорт Салют Юбилею положительно отреагировал на обработку гликозидами и существенно повысил массу растений за счёт увеличения средней массы растения и числа листьев на растении. У сорта Салат Мизуна такого эффекта не наблюдалось.

Таблица 1. Всхожесть семян капусты японской после обработки гликозидами, ФГБНУ ФНЦО, 2021-2022 годы
Table 1. Seedlings appearing after seed treatment with water solutions of glycosides, FSBSI FSVС, 2021-2022

Фактор А – сорта капусты	Фактор В – варианты обработок	Всхожесть семян, %					Σv	X ср.
		I	II	III	IV	V		
Салат Мизуна	Дистиллированная вода	95	100	100	95	90	480	96
	0,005% молдстим	100	100	85	100	100	485	97
	0,005% линарозид	95	85	90	100	90	460	92
	0,005% тригонеллозид	80	85	90	95	100	450	90
Салют Юбилею	Дистиллированная вода	100	95	100	100	100	495	99
	0,005% молдстим	100	95	100	100	100	495	99
	0,005% линарозид	100	100	100	100	60	460	92
	0,005% тригонеллозид	100	95	100	100	100	495	99
Σ _p		770	755	765	790	740	3820	-

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа
Table 2. Results of two-factorial dispersion analysis

Дисперсии	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F факт.	F ₀₅
Общая	9 665	39	-	-	-
Повторений	171	4	-	-	-
Фактора А	123	1	123	0,38	4,20
Фактора В	235	3	78,33	0,24	2,95
Взаимодействия АВ	112	3	37,33	0,12	2,95
Остаток (ошибки)	9 024	28	322	-	-

Таблица 3. Морфологические параметры растений капусты японской после обработки семян гликозидами.
ФГБНУ ФНЦО, 2021-2022 годы

Table 3. Morphologic parameters of plants *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* after seed treatment with glycosides, FSBSI FSVC, 2021-2022

Фактор А – сорта капусты	Фактор В – варианты обработок	Высота розетки, см		Общая масса растений, г/горшок		Средняя масса растения, г		Длина листа, см		Число долей листа, шт.		Число листьев, шт.	
		Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St
Салат Мизуна	Дистиллированная вода	33,4	St ₁	93	St ₁	9,3	St ₁	16,4	St ₁	3,6	St ₁	31	St ₁
	0,005% молдстим	36,4	+ 3,0	88,6	- 4,4	8,86	-0,44	13,6	- 2,8	2,8	- 0,8	39,6	+ 8,6
	0,005% линарозид	36,6	+ 3,2	96,4	+3,4	9,82	+0,53	14,8	- 1,6	2,8	- 0,8	40,4	+ 9,4
	0,005% тригонеллозид	34,8	+ 1,4	78,8	-14,2	7,88	-1,42	13,4	- 3,0	2,6	- 1,0	41,2	+10,2
Салют Юбилею	Дистиллированная вода	33,6	St ₂	96,8	St ₂	9,68	St ₂	14,8	St ₂	3,8	St ₂	32,6	St ₂
	0,005% молдстим	32,0	- 1,6	165	+ 68,2	16,5	+6,82	13,8	- 1,0	3,4	- 0,4	44,4	+11,8
	0,005% линарозид	32,6	- 1,0	134	+ 37,2	13,4	+3,72	15,6	+ 0,8	4,0	+ 0,2	44,4	+11,8
	0,005% тригонеллозид	31,6	- 2,0	134	+ 37,2	13,4	+3,72	14,6	- 0,2	4,0	+ 0,2	44,8	+12,2
НСР ₀₅			2,5		36,4		3,64		4,5		0,65		11,63

Таким образом, нам удалось показать общую положительную тенденцию использования гликозидов для обработки семян: сорт Салат Мизуна отреагировал повышением высоты растений, сорт Салют Юбилею – повышением общей массы растений за счёт повышения средней массы одного растения и числа листьев на растении.

В аналитическом эксперименте оценили, как влияет обработка гликозидами на биохимические показатели растений (табл. 4).

Анализ таблицы 4 показывает, что обработка гликозидами не влияет на содержание сухого вещества у сорта Салют Юбилею, но по-разному действует на сорт Салат Мизуна. Обработка молдстимом и линарозидом существенно снижает данный показатель. Обработка тригонел-

лозидом существенно повышает содержание сухого вещества у сорта Салат Мизуна. Что же касается суммарного содержания антиоксидантов, то оно существенно повышается у сорта Салат Мизуна после обработок линарозидом и тригонеллозидом. Сорт Салют Юбилею положительно реагирует на обработки всеми гликозидами – и содержание антиоксидантов повышается почти в 2 раза по сравнению с сортом Салат Мизуна.

Таким образом, показано, что гликозиды существенно повышают содержание антиоксидантов в листьях капусты японской – за исключением молдстима у сорта Салат Мизуна. Так что можно сделать вывод о положительном влиянии вторичных метаболитов класса гликозидов на витаминную ценность листьев капусты японской.

Таблица 4. Влияние обработки гликозидами на содержание сухого вещества и суммарное содержание антиоксидантов в листьях капусты японской, ФГБНУ ФНЦО, 2021-2022 годы

Table 4. Effect of seed treatment with glycosides on the content of dry matter and the sum of antioxidants in leaves of *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica*, FSBSI FSVC, 2021-2022

Фактор А – сорта капусты	Фактор В – варианты обработок	Содержание сухого вещества, %		Суммарное содержание антиоксидантов в листьях, мг-экв. галловой кислоты	
		Х ср.	+/- к St	Х ср.	+/- к St
Салат Мизуна	Дистиллированная вода	6,54	St ₁	1,38	St ₁
	0,005% молдстим	5,73	- 0,81	1,35	- 0,03
	0,005% линарозид	6,11	- 0,43	1,72	+0,36
	0,005% тригонеллозид	7,32	+0,78	1,79	+0,41
Салют Юбилею	Дистиллированная вода	6,69	St ₂	1,84	St ₂
	0,005% молдстим	6,22	- 0,45	2,13	+0,29
	0,005% линарозид	6,72	+0,03	2,06	+0,22
	0,005% тригонеллозид	6,64	- 0,05	2,32	+0,48
НСР ₀₅			0,39		0,21

Обсуждение результатов

Приведенные выше материалы исследований свидетельствуют о том, что ценная зеленная культура – капуста японская – исходно хорошо адаптирована к выращиванию на вертикальных гидропонных конструкциях. Сорт Салат Мизуна повысил высоту растений в ответ на обработку природными иммуномодуляторами. Сорт Салют Юбилею положительно отреагировал на обработку вторичными метаболитами, существенно повысив вес общей массы растений – за счёт увеличения числа листьев на растении и средней массы одного растения. Содержание сухого вещества сохранялось, а суммарное содержание антиоксидантов возрастало при обработке вторичными метаболитами. Таким образом, использование вторичных метаболитов класса гликозидов может повышать продуктивность, витаминную ценность и безопасность возделывания японской капусты в условиях гидропоники. В последнее время вторичные метаболиты растений фенольной природы всё больше привлекают к себе внимание исследователей. Растения, вырабатывающие большое количество вторичных метаболитов, известны как медицинские [18], причём многие из них используются для лечения онкологических заболеваний [19]. Антиоксидантные свойства вторичных метаболитов обуславливают их участие в формировании стрессоустойчивости у растений. Показано, что они могут вовлекаться в процесс формирования устойчивости моркови к *Alternaria dauci* [20], томата к вирусу табачной мозаики [21] и *Phytophthora infestans* DB [22], сливы к вирусу шарки [23], бобовых и злаковых культур к грибным патогенам [24, 25]. Причём «механизмы действия» данных соединений на грибы и вирусы различаются. На чистых культурах грибов – возбудителей болезней растений семейства Solanaceae – установлено: вторичные метаболиты класса стероидных гликозидов являются биорегуляторами (преимущественно, ингибиторами) роста и развития этих грибов, действуя на уровне мембранного комплекса [22]. Один из механизмов контроля проницаемости плазмалеммы с помощью стероидных гликозидов при фузариозной инфекции злаков реализуется посредством поддержания на прежнем уровне или повышения содержания гидроксипролина, который подвергается деструкции под влиянием патогена [24]. Антивирусная активность стероидных гликозидов обуслов-

лена высокой подвижностью атома водорода гемикетальной гидроксильной группы при C₂₂агликона и образованием стабильного промежуточного радикала-ингибитора [25]. Наиболее высокая антивирусная активность отмечена для двух фураностаноловых соединений – павстима и молдстима, которые содержат дополнительную гидроксильную группу при C₂₂агликона [26]. Таким образом, вторичные метаболиты растений фенольной природы являются природными иммуномодуляторами. А это – главный момент для поддержания иммунного статуса растений при культивации на гидропонной конструкции, т.к. данная технология подразумевает беспестицидный цикл выращивания растений.

Нами установлено, что природные иммуномодуляторы класса гликозидов могут не только повышать продуктивность капусты японской (табл. 3), но и вызывать повышенное накопление антиоксидантов в листьях (табл. 4), что свидетельствует об укреплении иммунитета растений. Причём, повышенное накопление антиоксидантов происходит не зависимо от того, изменяются ли биометрические параметры растений, или нет (табл. 3,4). Наиболее эффективными иммуномодуляторами для капусты японской являются линарозид и тригонеллозид в концентрации 0,005%.

Заключение

Ценная овощная культура – капуста японская (*Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* (L.H.Bailey) Hanelt) – может выращиваться на многоярусных гидропонных конструкциях с сохранением её продуктивности, питательных и витаминных свойств. Обработка семян 0,005%-ными растворами природных иммуномодуляторов линарозида и тригонеллозида способствует повышению продуктивности нового сорта капусты японской Салют Юбилею. Кроме того, исследуемые сорта реагируют на обработку иммуномодуляторами повышенным накоплением антиоксидантов в листьях растений, что может свидетельствовать об укреплении иммунитета растений. Поскольку линарозид и тригонеллозид являются природными соединениями и применяются в физиологических концентрациях, они могут использоваться в технологии культивирования растений на многоярусных гидропонных конструкциях при беспестицидном цикле выращивания.

Об авторах:

Ирина Тимофеевна Балашова – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории зеленных, пряновкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>, автор для переписки, balashova56@mail.ru

Людмила Леонидовна Бондарева – доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции и семеноводства капустных культур, <https://orcid.org/0000-0002-0912-5913>, lyuda_bondareva@mail.ru

Елена Владимировна Пинчук – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур, <https://orcid.org/0000-0003-0824-8863>, techh620@yandex.ru

Анна Владимировна Молчанова – кандидат с.-х. наук, ст.н.с. лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka_ks@rambler.ru

Татьяна Егоровна Шевченко – научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства луковых культур

Наталья Евгеньевна Машенко – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологически активных веществ, <https://orcid.org/0000-0003-1869-4357>, mne4747@mail.ru

About the Authors:

Irina T. Balashova – Doc. Sci. (Biology), Leader Researcher of Green, Aromatic and Decorative Breeding Laboratory, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>, Correspondence Author, balashova56@mail.ru

Lyudmila L. Bondareva – Doc. Sci. (Agriculture), Head of Brassicaceae breeding laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-0912-5913>, lyuda_bondareva@mail.ru

Elena V. Pinchuk – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-0824-8863>, techh620@yandex.ru

Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Analytical department, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka_ks@rambler.ru

Tatiana E. Shevchenko – researcher of Alliaceae breeding laboratory
Natalia E. Mashenco – Cand. Sci. (Chemistry), Leader Researcher of Biologically Active Compounds Laboratory, <https://orcid.org/0000-0003-1869-4357>, mne4747@mail.ru

• Литература

1. *Global Industry Report*, 2014-2025. April, 2017. Report ID: IVR 1-68038-797-1.
2. URL: <https://toeplitz.ru/hydro/prognoz-razvitiya-rynka-gidroponiki.html> (дата обращения 17.11.2021)
3. Balashova I., Sirota S., Pinchuk Ye. Vertical vegetable growing: creating tomato

- varieties for multi-tiered hydroponic installations. *International Conference on Sustainable Development for Cross-Border Regions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;395(2019)012079:1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315-395-1-012079>
4. Балашова И.Т., Сирота С.М., Пинчук Е.В., Вершинина Н.П. Новая ресурсосберегающая технология в ФГБНУ «Федеральный научный центр ово-

- щеводства». *Аграрная наука-сельскому хозяйству. Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции*. Барнаул, 2022. С.180-182.
5. Артемьева А.М., Соловьева А.Е. Генетическое разнообразие и биохимическая ценность капустных овощных растений рода *Brassica* L. *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2018;(4):50-61.
 6. Пивоваров В.Ф., Тареева М.М., Мухортов В.Ю., Голубкина Н.А., Замана С.П., Кошелева О.В. Капуста японская – высокоценная овощная культура. *Картофель и овощи*. 2009;(9):13.
 7. Артемьева А.М. Новые поступления капустных культур вида *Brassica rapa* L. в коллекцию ВИР. *Овощи России*. 2017;(2):14-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-14-19>
 8. Бондарева Л.Л., Минейкина А.И., Паслова Т.О., Молчанова А.В., Паслова Н.О. Капуста японская: особенности морфологических и биохимических показателей селекционного сортаобразца. *Овощи России*. 2020;(6):62-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-62-66>
 9. Балашова Н.Н., Жученко А.А., Пивоваров В.Ф., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Беспалько А.В., Пышная О.Н., Кинтя П.К., Лупашку Г.А., Машченко Н.Е., Швеи С.А., Бобейка В.А. Регуляция устойчивости фитопатосистем с помощью вторичных метаболитов растений. *Сельскохозяйственная биология*. 2004;(1):3-16.
 10. Кинтя П.К., Лазурьевский Г.В., Балашова Н.Н., Балашова И.Т., Суружю А.И., Лях В.А. *Строение и биологическая активность стероидных гликозидов ряда фурустана и спиранта*. Кишинёв: Штиинца. 1987. 141 с.
 11. Луценко Э.К., Дорошенко И.В. Влияние биологически активных веществ на физиологические показатели растений огурца и их восприимчивость к ВЗКМ// *Индукционная устойчивость сельскохозяйственных культур к фитопатогенам*. Ростов-на-Дону. 1989. С.25-27.
 12. Машченко Н.Е., Боровская А.Д., Гуманиук А.В., Балашова И.Т., Козарь Е.Г. Эффективность действия регуляторов природного происхождения при выращивании моркови. *Овощи России*. 2018;(1):74-78. <https://doi.org/10.18916/2072-9146-2018-1-74-78>
 13. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 14. Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Митрофанова О.А., Аутко А.А., Долбик М.А. Первые результаты селекции сортов и гибридов томата для многоярусной узкостеллажной гидропоники. *Теплицы России*. 2014;(3):58-62.
 15. Кидин В.В. *Практикум по агрохимии*. Москва: Колос. 2008. 215 с.
 16. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надеждин С.М., Солдатенко А.В. *Антиоксиданты растений и методы их определения*. Москва: ФГБУ ФНЦО, 2018. 66 с.
 17. Федотов С.В. Эфирные масла и их влияние на высшую нервную деятельность человека// *Сборник научных трудов ГНБС*. Ялта, Крым. 2015;(141):131-147.
 18. Novak J. Optimizing plant secondary metabolite production. *Plant Breeding: the Art of Brining Science to Life. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress. Zurich, Switzerland*. 2016. P.77. ISBN 978-3-906804-22-4.
 19. Koutouan C., Yovanopoulos C., Piquet M., Huguency P., Halter D., Claudel P., Baltenweck R., Hamama L., Suel A., Huet S., Peltier D., Briard M., Le Clerc V. Can the variation of secondary metabolite contents be part of carrot resistance to *Alternaria dauci*? *Plant Breeding: the Art of Brining Science to Life. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress. Zurich, Switzerland*. 2016. P.71. ISBN 978-3-906804-22-4.
 20. Балашова И.Т., Вердеревская Т.Д., Кинтя П.К. Антивирусная активность стероидных гликозидов на модели вируса табачной мозаики. *Сельскохозяйственная биология*. 1984;(4):64-68.
 21. Жученко А.А., Кинтя П.К., Балашова Н.Н. Способ оценки фитопатогенной устойчивости сортов томатов. *Авторское свидетельство СССР №895365. Бюллетень изобретений и открытий*. 1982, №1.
 22. Lahmatova I.T., Kintia P.K., Verderevskaya T.D., Juravel A.M., Ostapenko A.B. One Biochemical Marker of Plum Resistance to PPV. *Proceedings of the Middle European Meeting '96 on Plum Pox*. Budapest. 1997. P.33-36.
 23. Козарь Е.Г., Енгальчева И.А., Антошкин А.А., Машченко Н.Е. Скрининг биологической активности фитопрепаратов на основе вторичных метаболитов растений на культуре *Phaseolus vulgaris* L. *Овощи России*. 2021;(5):89-97. <https://doi.org/10.18916/2072-9146-2021-5-89-97>
 24. Лупашку Г.А. Иммунологические основы устойчивости культуры тритикале к фузариозу. Дисс. доктора биол. наук. Кишинёв. 1999. С.249-266.
 25. Балашова И.Т. Using of Steroid Glycosides (Saponins) in Agriculture. *New Trends in Saponins. Book of Abstracts International Conference on Saponins. France. Nancy Université*. 2009. P.14.
 26. Balashova I.T., Balashova N.N., Kintia P.K. Steroidal Glycosides as Plant Resistance Inductors. *Acta Agronomica Hungarica*. 1990;39(1-2):183-191.
 27. Balashova I.T., Sirota S.M., Pinchuk E.V., Vershinina N.P. New energy saved technology of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center". *Agrarian Science for Agriculture. Proceedings of XVII International Scientific-Practical Conference*. Barnaul. 2022. P.180-182. (In Russ.)
 28. Artemieva A.M., Soloviova A.E. Genetic diversity and biochemical value of cabbage vegetable plants of the genus *Brassica* L. *Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*. 2018;(4):50-61. (In Russ.)
 29. Pivovarov V.F., Tareeva M.M., Mukhortov V.Yu., Golubkina N.A., Zamana S.P., Kosheleva O.V. Japanese cabbage is high-value vegetable culture. *Potato and vegetables*. 2009;(9):13. (In Russ.)
 30. Artemieva A.M. New incoming accessions of *Brassica rapa* L. into the VIR plant collection. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(2):14-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-14-19>
 31. Bondareva L.L., Mineykina A.I., Paslova T.O., Molchanova A.V., Paslova N.O. Japanese cabbage: features of morphological and biochemical parameters of a promising sample. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):62-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-62-66>
 32. Balashova N.N., Zhuchenko A.A., Pivovarov V.F., Balashova I.T., Kozari E.G., Beshpal'ko A.V., Pishnaya O.N., Kintya P.K., Lupashku G.A., Maschenko N.E., Shvets S.A., Bobeyka V.A. Regulation of Phytopathosystem Stability With Help of Plant Secondary Metabolites. *Agricultural Biology*. 2004;(1):3-16. (In Russ.)
 33. Kintya P.K., Lazurievskiy G.V., Balashova N.N., Balashova I.T., Surudgiu A.I., Liakh V.A. *Structure and biological activity steroid glycosides of furostane and spirostane- rows*. Chişinău: ştiinţa. 1987. 141 p. (In Russ.)
 34. Lutsenko A.K., Doroshenko I.V. Influence of biologically active compounds on physiological characteristics of cucumber plants and their sensitivity to CMV. *Inductive resistance of agricultural crops to pathogens*. Rostov-on-Don. 1989. P.25-27. (In Russ.)
 35. Maschenko N.E., Boroyskaya A.D., Gumanuk A.V., Balashova I.T., Cozar E.G. Efficiency of natural growth regulators in carrot production. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(1):74-78. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-1-74-78>
 36. Dospekhov B.A. *Methods for field experiments*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
 37. Sirota S.M., Balashova I.T., Kozar E.G., Mitrofanova O.A., Autko A.A., Dolbik M.A. First Results of Breeding Tomato Varieties and Hybrids For Multi-circle Hydroponic. *Greenhouses of Russia*. 2014;(3):58-62. (In Russ.)
 38. Kidin V.V. *Workshop on Agricultural Chemistry*. Moscow:Kolos. 2008. 215 p. (In Russ.)
 39. Golubkina N.A., Keкина E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. *Plant antioxidants and methods for their determination*. Moscow: FSBSI FSVC; 2018. 66 p. (In Russ.)
 40. Fedotov S.V. Essential oils and their influence on the higher nervous activity of a man. *Proceedings of the Great Nikitsky Botanical Garden. Jalta, Crimea*. 2015;(141):131-147. (In Russ.)
 41. Novak J. Optimizing plant secondary metabolite production. *Plant Breeding: the Art of Brining Science to Life. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress. Zurich, Switzerland*. 2016:77. ISBN 978-3-906804-22-4.
 42. Koutouan C., Yovanopoulos C., Piquet M., Huguency P., Halter D., Claudel P., Baltenweck R., Hamama L., Suel A., Huet S., Peltier D., Briard M., Le Clerc V. Can the variation of secondary metabolite contents be part of carrot resistance to *Alternaria dauci*? *Plant Breeding: the Art of Brining Science to Life. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress. Zurich, Switzerland*. 2016. C.71. ISBN 978-3-906804-22-4.
 43. Balashova I.T., Verderevskaya T.D., Kintia P.K. Antiviral activity of steroid glycosides at the TMV-model. *Agricultural biology*. 1984;(4):64-68. (In Russ.)
 44. Zhuchenko A.A., Kintya P.K., Balashova N.N. Method of tomato resistance evaluation to *Phytophthora infestans* DB. *Author patent №895365. USSR Bulletin of inventions and discoveries*. 1982, №1. (In Russ.)
 45. Lahmatova I.T., Kintia P.K., Verderevskaya T.D., Juravel A.M., Ostapenko A.B. One Biochemical Marker of Plum Resistance to PPV. *Proceedings of the Middle European Meeting '96 on Plum Pox*. Budapest. 1997. P.33-36.
 46. Kozar E.G., Engalycheva I.A., Antoshkin A.A., Mashcenco N.E. Screening of biological activity of phytopreparations based on secondary metabolites of plants on the culture of *Phaseolus vulgaris*. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(5):89-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-89-97>
 47. Lupashku G.A. Immunological bases of triticale resistance to *Fusarium graminearum* Link. *Doctor habilitate in plant biology thesis*. Chişinău. 1999. P.249-266. (In Russ.)
 48. Balashova I.T. Using of Steroid Glycosides (Saponins) in Agriculture. *New Trends in Saponins. Book of Abstracts International Conference on Saponins. France. Nancy Université*. 2009. P.14.
 49. Balashova I.T., Balashova N.N., Kintia P.K. Steroidal Glycosides as Plant Resistance Inductors. *Acta Agronomica Hungarica*. 1990;39(1-2):183-191.

References

1. *Global Industry Report*, 2014-2025. April, 2017. Report ID: IVR 1-68038-797-1.
2. URL: <https://toeplitz.ru/hydro/prognoz-razvitiya-rynka-gidroponiki.html> (дата обращения 17.11.2021)
3. Balashova I., Sirota S., Pinchuk Ye. Vertical vegetable growing: creating

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-66-71>
УДК 633.88:581.1.045(479)

Р.Р. Тхаганов^{1*}, А.И. Морозов²,
Н.С. Тропина¹, Р.Н. Тхаганов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал), 353225, Россия, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, пос. ЗОС ВНИИЛР

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

Автор для переписки: krasnodarvilar@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Тхаганов Р.Р., Морозов А.И., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Н. Абиотические стрессы и пути их преодоления на тысячелистнике обыкновенном (*Achillea millefolium* L.) в условиях Западного Предкавказья. *Овощи России*. 2022;(6):66-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-66-71>

Поступила в редакцию: 19.10.2022

Принята к печати: 07.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Ruslan R. Tkhananov^{1*}, Aleksandr I. Morozov²,
Nina S. Tropina¹, Ramazan N. Tkhananov¹

¹ All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (North Caucasus branch) village ZOS VNIILR, Vasyurinskaya station, Dinskoy district, Krasnodar Territory, Russia, 353225

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

*Correspondence Author: krasnodarvilar@gmail.com

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Tkhananov R.R., Morozov A.I., Tropina N.S., Tkhananov R.N. Abiotic stresses and ways to overcome them on *Achillea millefolium* L. in conditions of the Western Precaucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-66-71>

Received: 18.10.2022

Accepted for publication: 07.10.2022

Published: 02.12.2022

Абиотические стрессы и пути их преодоления на тысячелистнике обыкновенном (*Achillea millefolium* L.) в условиях Западного Предкавказья



Резюме

Актуальность. В обширном ассортименте эфиромасличных культур важное место принадлежит тысячелистнику обыкновенному (*Achillea millefolium* L.), фитопрепараты, произведенные на его основе, широко применяются при лечении воспалительных процессов, нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта. Для обеспечения фармацевтической промышленности данным видом лекарственного сырья необходимо создание адаптированных технологий, где важным звеном будет разработка приемов адаптации культуры к нестабильным погодным условиям.

Методология. Исследования проводили в условиях Северо-Кавказского филиала ВИЛАР (Западное Предкавказье) в 2019-2021 годах, путем постановки мелкоделяночных опытов. Изучались показатели роста и развития тысячелистника II-V годов вегетации, урожайность сырья, содержание эфирного масла и его сбор с гектара при нестабильных погодных условиях.

Результаты. Было установлено, что при достаточной влагообеспеченности и комфортном уровне температур воздуха 2021 года, наблюдается высокая урожайность лекарственного сырья данной культуры. В то же время низкая влагообеспеченность и высокие температуры 2020 года оказали отрицательное влияние на развитие растений, установлено падение урожайности на 1,35-1,65 т/га, что привело к потерям сбора эфирного масла с гектара на 3,23-4,32 кг/га. Снижение степени отрицательного воздействия засухи на растения тысячелистника II-IV годов вегетации удалось добиться путем применения кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант. Двукратная обработка данным препаратом способствовала снижению потерь урожая сырья до 5-6% и сбора эфирного масла с гектара до 5-7%. в контроле – 21-24% и 22-24%, соответственно. Несмотря на высокую урожайность сырья на II-III годах вегетации тысячелистника, применение Силипланта позволяет осуществлять сбор эфиромасличного сырья в течение 4-х лет. Таким образом, включение микроудобрения Силиплант в технологию возделывания позволяет растениям адаптироваться к условиям гидротермального стресса и дает возможность получать стабильные урожаи сырья с высоким сбором эфирного масла с гектара независимо от погодных условий.

Ключевые слова: тысячелистник обыкновенный, погодные условия, Силиплант, урожайность, эфирное масло

Abiotic stresses and ways to overcome them on *Achillea millefolium* L. in conditions of the Western Precaucasus

Abstract

Relevance. An important place in the extensive assortment of ether-oil cultures belongs to the common yarrow (*Achillea millefolium* L.), phytopreparations produced on its basis are widely used in the treatment of inflammatory processes, the normalization of the gastrointestinal tract.

Methodology. To provide the pharmaceutical industry with this type of medicinal raw materials, it is necessary to create adapted technologies, where an important link will be the development of techniques for adapting the culture to unstable weather conditions.

Results. The studies were carried out in the conditions of the North Caucasus branch of VILAR (West Ciscaucasia) in 2019-2021, by conducting small-scale experiments. The indicators of growth and development of yarrow of the II-V years of vegetation, the yield of raw materials, the content of essential oil and its collection per hectare under unstable weather conditions were studied. It was found that with sufficient moisture supply and a comfortable level of air temperatures in 2021, a high yield of medicinal raw materials of this crop is observed. At the same time, low water supply and high temperatures in 2020 had a negative impact on plant development, a drop in yield of 1.35-1.65 t/ha was established, which led to losses in the collection of essential oil per hectare by 3.23-4.32 kg/ha. A decrease in the degree of negative impact of drought on yarrow plants of the II-IV years of vegetation was achieved through the use of silicon-containing microfertilization Siliplant. Double treatment with this drug contributed to a decrease in the yield of raw materials to 5-6% and the collection of essential oil per hectare to 5-7%. in the control – 21-24% and 22-24%, respectively. Despite the high yield of raw materials in the II-III years of yarrow vegetation, the use of Siliplant allows collecting ether-oil raw materials for 4 years. Thus, the inclusion of Siliplant microfertilization in cultivation technology allows plants to adapt to hydrothermal stress conditions and makes it possible to obtain stable yields of raw materials with a high collection of essential oil per hectare, regardless of weather conditions.

Keywords: *Achillea millefolium* L., weather conditions, Siliplant, yield, essential oil
Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Введение

В последние годы в России резко возрастает интерес к эфиромасличным культурам, которые являются источниками ценных эфирных масел, обладающих антибактериальными, антисептическими и противовоспалительными свойствами, с успехом используемых в медицине для лечения органов дыхания, нервной системы, в новом направлении – ароматерапия. Эфирные масла широко применяются в различных промышленных отраслях: в парфюмерно-косметической, пищевой, кондитерской, табачной, химической [1].

В России после распада СССР сократились площади под эфиромасличными культурами, упало производство эфирного масла, и большинство их импортируется из Индии, Китая, Израиля, Турции и других стран. Обеспечить импортозамещение данной продукции возможно как за счет увеличения площадей под эфиромасличными культурами, так и путем повышения их урожайности.

В обширном ассортименте эфиромасличных растений важное место принадлежит тысячелистнику обыкновенному (*Achillea millefolium* L.) семейства астровые (*Asteraceae*), известному и популярному как в народной, так и официальной медицине. Это многолетнее травянистое растение с ползучим шнуровидным корневищем, от которого отходят многочисленные подземные и надземные побеги. Листья дважды или трижды перисто-рассеченные. Корзинки собраны в щитковые соцветия. Обертка корзинки яйцевидная или продолговато-яйцевидная. Краевых язычковых цветков 5-6 белого или розового цвета, срединные цветки трубчатые, обоеполые [2].

Лекарственным сырьем тысячелистника обыкновенного является трава (цветоносные облиственные побеги, срезанные на уровне 15 см), где основными действующими веществами являются эфирное масло, флавоноиды, фенольные соединения, органические кислоты и аминокислоты [3, 4]. При изучении химического состава эфирного масла тысячелистника было установлено более 30 идентифицированных компонентов, из которых преобладали сабинен, 1,8-цинеол, борнеол, камфора и незначительное количество хамазулена [5,6,7]. В работе иранских ученых отмечалось, что основным компонентом эфирного масла является хамазулен и самый высокий его уровень, как и эфирного масла, обнаружен на втором году вегетации культуры [8]. Вполне возможно, что почвенно-климатические условия (влагообеспеченность, температурный режим, солнечная инсоляция) оказывают влияние на состав эфирного масла.

В современной медицине траву тысячелистника и фитопрепараты на их основе применяют в качестве кровоостанавливающего средства, при лечении воспалительных процессов, для нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта. Эфирное масло обладает бактерицидным, антимикробным, отхаркивающим, ранозаживляющим и антиоксидантным действием [9]. В последние годы в научной медицине показана возможность применения травы тысячелистника обыкновенного в качестве антимикробного, иммуномодулирующего и протекторного средства при стафилококковой инфекции. [5,10].

Для обеспечения фармацевтической промышленности сырьем тысячелистника необходимо расширение зон его возделывания, так как в основном он выращивается в средней полосе России. Однако данная культура пластична и с успехом может возделываться в более южных

регионах, в частности в условиях Краснодарского края.

Из литературных данных известно, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит от многих причин и прежде всего от погодных условий. Частые засухи, которые наблюдаются в последнее время, как в России, так и в мире, оказывают негативное влияние на урожаи растениеводческой продукции [11,12]. Повышение температуры воздуха и низкая влагообеспеченность также приводит к снижению урожайности лекарственных и эфиромасличных культур [12,13].

В связи с этим в настоящее время важным является изучение вопроса повышения устойчивости растений к нестабильным погодным условиям. Смягчить их действие возможно путем применения микроудобрений, в частности, на основе активных форм кремния. В ряде работ показано, что оптимизация кремниевого питания позволяет изменить направленность основных физиологических процессов (фотосинтез, дыхание), нарушение которых наблюдается в условиях погодных стрессов, а также позволяет мобилизовать потенциальные возможности растительного организма, направленные на повышение его биопродуктивности [14]. В других исследованиях наблюдается повышение адаптации растений к гидротермальному стрессу при обработке препаратами кремния связывается с формированием в эпидермисе биокремниевых структур, что способствует снижению тепловой нагрузки на растительный организм и температуры листа. При этом отмечается уменьшение потерь воды при транспирации и наименьший уровень испарения, то есть поддерживается водный баланс, что позволяет растениям выживать в условиях засухи [15, 16].

Проведенные некорневые подкормки кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант лопуха большого, амми большой и эхинацеи пурпурной способствовали повышению адаптации растений к засушливым погодным условиям и обеспечивали стабильные урожаи медицинского сырья [13, 17].

Цель исследований – изучение изменений урожайности тысячелистника обыкновенного в зависимости от погодных условий и разработка приемов адаптации культуры к стрессовым факторам в связи с частыми засухами в условиях Западного Предкавказья.

Материалы и методы Materials and methods

Исследования по изучению влияния погодных условий и применения микроудобрений на урожайность тысячелистника проведены в Северо-Кавказском филиале ВИЛАР (Западное Предкавказье) в 2019-2021 годах.

Экспериментальные исследования включали постановку мелкоделяночных полевых опытов, проведение учетов и наблюдений за ростом и развитием растений, определение урожайности, изучение содержания эфирного масла в сырье.

Расположении делянок рендомизированное, повторность опытов 4-х кратная, площадь опытной делянки 12 м² с шириной междурядий 60 см.

Опыты закладывались согласно следующим методикам: «Проведение полевых опытов с лекарственными культурами», «Требованиям к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)» [19, 20].

Почва опытного поля – чернозем, выщелоченный мало-гумусный сверхмощный, отличается большой мощностью гумусового горизонта (А + В до 160 см) и сравнительно низким (3,7%) содержанием гумуса в верхнем горизонте почвы. По результатам агрохимического обследования установлено, что содержание подвижного фосфора составляет 27 мг/кг, обменного калия – 243 мг/кг, подвижной серы – 6,2 мг/кг, присутствует незначительное количество подвижных форм марганца, цинка, меди и кобальта. Верхний слой почвы имеет близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, рН KCl = 5,9.

Некорневые подкормки кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант проводили: при однократной обработке – в фазу массового отрастания растений; при двукратной – первая обработка в начале отрастания растений, вторая – через 25 дней. При каждой обработке норма расхода препарата оставляла 0,7 л/га, расход рабочего раствора 300 л/га. В состав Силипланта универсального входят биоактивный кремний, микроэлементы К, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg, Co в хелатной форме.

Уборку урожая травы осуществляли в фазу бутонизации - начала цветения - в первой декаде июля.

Количественное определение содержания эфирного масла проводили методом гидродистилляции (прибором Гинзберга) согласно фармакопеи XIV [21].

Экспериментальные данные обрабатывались статистически по Б.А. Доспехову [22].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Метеоусловия в годы проведения исследований (2019-2021 гг.) отличались по температурному режиму и количеству осадков, как между собой, так и от средних многолетних показателей. Так, в 2019 и особенно в 2021 годах погодные условия были комфортными для роста и развития растений тысячелистника II-IV годов вегетации. В 2019 году среднесуточные температуры воздуха превосходили среднемноголетние: в мае на 1,7°C, в июне – на 4,5°C, в июле – на 4,0°C, сумма осадков в мае и июне – на 21,5 и 2,8 мм, соответственно, только в июле их количество снижалось на 5,9 мм. В 2021 году температуры вегетационного периода и количество выпавших осадков были выше, чем в 2019 году. Отклонения от среднемноголетних показателей с мая по июль составили: по температурам от 5,4 - 7,8°C, по сумме осадков – от 75,5-до 14,9 мм. В 2020 году рост и развитие тысячелистника проходило при аномальных погодных условиях – недостаточной влагообеспеченности на фоне высокого уровня температуры воздуха в течение всего периода вегетации культуры. Начиная с апреля, сумма осадков была ниже среднемноголетних на 7,0-7,9 мм, только в июне выпали дожди в форме ливней. Текущий год отличался не только малым количеством осадков, но и наблюдалось значительное повышение температуры воздуха, отклонения от среднемноголетних показателей составили в мае 2,9°C, в июне -6,9°C (табл. 1).

Таблица 1. Показатели среднемесячных температур и суммы осадков в годы проведения исследований
Table 1. Indicators of average monthly temperatures and total precipitation during the study years

Годы проведения исследований	Температура, С°				Осадки, мм			
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Апрель	Май	Июнь	Июль
2019	13,1	18,9	24,8	26,6	39,4	78,5	69,8	54,1
2020	15,9	20,1	27,2	22,4	40,1	49,2	65,2	57,2
2021	14,9	22,6	25,9	30,4	59,3	132,5	64,8	74,9
Средние многолетние показатели	15,3	17,2	20,3	22,6	48	57	67	60

Таблица 2. Влияние погодных условий на рост и урожайность тысячелистника обыкновенного II-V годов вегетации
Table 2. Effect of weather conditions on growth and yield of yarrow of common vegetation years II-V

Годы проведения исследований	Высота растений, см	Количество корзинок, шт./растения	Урожайность, т/га	Содержание эфирного масла, %	Сбор эфирного масла, кг/га
II год вегетации					
2019	89,8±4,51	10,2	7,06	0,232	16,38
2020	74,8±3,04	8,6	5,95	0,231	13,69
2021	95,1±4,72	11,5	7,60	0,237	18,01
III год вегетации					
2019	82,5±3,38	10,4	6,94	0,240	16,66
2020	70,1±3,51	8,3	5,84	0,229	13,37
2021	89,8±4,11	11,8	7,38	0,234	17,27
IV год вегетации					
2020	59,5±2,98	6,3	4,97	0,230	11,43
2021	75,3± 3,76	8,8	6,32	0,232	14,66
V год вегетации					
2021	60,5±3,08	8,5	4,49	0,233	10,46

НСР_{0,95} = 0,93 т; Sx % = 5,7

Погодные условия оказали существенное влияние на рост и развитие растений тысячелистника. Наиболее благоприятными для роста и развития тысячелистника были 2019 и 2021 годы. Растения в эти годы отличались наибольшей интенсивностью ростовых процессов. Как видно из приведенных данных в таблице 2, наибольшая высота и количество соцветий на одном растении тысячелистника II-V годов вегетации на момент уборки урожая наблюдалась в 2021 году, когда высокие температуры воздуха сочетались с высоким уровнем осадков. Это способствовало большей урожайности лекарственного сырья, показатели которой превышали 2019 год на II году вегетации культуры на 0,54 т/га, на III-м – на 0,44 т/га.

Засушливые погодные условия 2020 года отрицательно сказались на росте растений тысячелистника II-IV годов вегетации. Высота растений снижалась по сравнению с оптимальными условиями 2021 года на 21-22%, количество соцветий – 25-30%, урожайность – на 1,35-1,65 т/га (21-22%). Изменений по содержанию эфирного масла в сырье не обнаружено. За счет снижения урожайности снижался и сбор эфирного масла – на 3,23-4,32 кг/га (табл.2).

Для повышения адаптации тысячелистника к погодным условиям были заложены опыты по обработке вегетирующих растений кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант в норме расхода 0,7 л/га при однократном и двукратном внесении. Приведенные в таблице 3 данные по испытанию Силипланта показывают его положительное действие на урожайность культуры II-IV годов вегетации во все годы испытаний, независимо от погодных условий. При однократной обработке микроудобрением прибавка урожайности в условиях высоких температур и низкой влагообеспеченности составила 0,6-0,8 т/га, при двукратной – 1,01-1,19 т/га, при оптимальных погодных условиях – 0,77-0,93 и 1,14-1,34 т/га, соответственно. Наибольшая прибавка урожая наблюдалась при двукратной обработке Силиплантом.

На содержание эфирного масла применение микроудобрения практически не оказало влияния, поэтому повышение сбора эфирного масла в этих вариантах достигалось только за счет увеличения урожайности (таблица 3).

Определение потерь урожая сырья тысячелистника и сбора эфирного масла подтверждают это предположение (рисунок).

Таблица 3. Влияние Силипланта на урожайность тысячелистника II-IV годов вегетации при разных погодных условиях*
Table 3. Effect of Siliplant on yarrow yield of the II-IV years of vegetation under different weather conditions*

Годы вегетации	Годы проведения исследований	Урожайность		Содержание эфирного масла, %	Сбор эфирного масла	
		т/га	прибавка, т/га		кг/га	прибавка, кг/га
Однократная обработка Силиплантом						
II	2020	6,75	0,80	0,232	15,66	1,97
	2021	8,53	0,93	0,240	20,47	2,46
III	2020	6,60	0,76	0,231	15,25	1,88
	2021	8,26	0,88	0,238	19,66	2,39
IV	2020	5,57	0,60	0,234	13,03	1,60
	2021	7,09	0,77	0,236	16,73	2,07
Двукратная обработка Силиплантом						
II	2020	7,14	1,19	0,234	16,70	3,01
	2021	8,90	1,30	0,233	20,74	2,73
III	2020	7,01	1,17	0,233	16,33	2,96
	2021	8,72	1,34	0,232	20,23	2,96
IV	2020	5,98	1,01	0,234	13,99	2,56
	2021	7,46	1,14	0,233	17,38	2,72

НСР_{0,95} = 0,13т; Sx% = 4,9

Примечание. *Контрольные данные приведены в таблице 2.

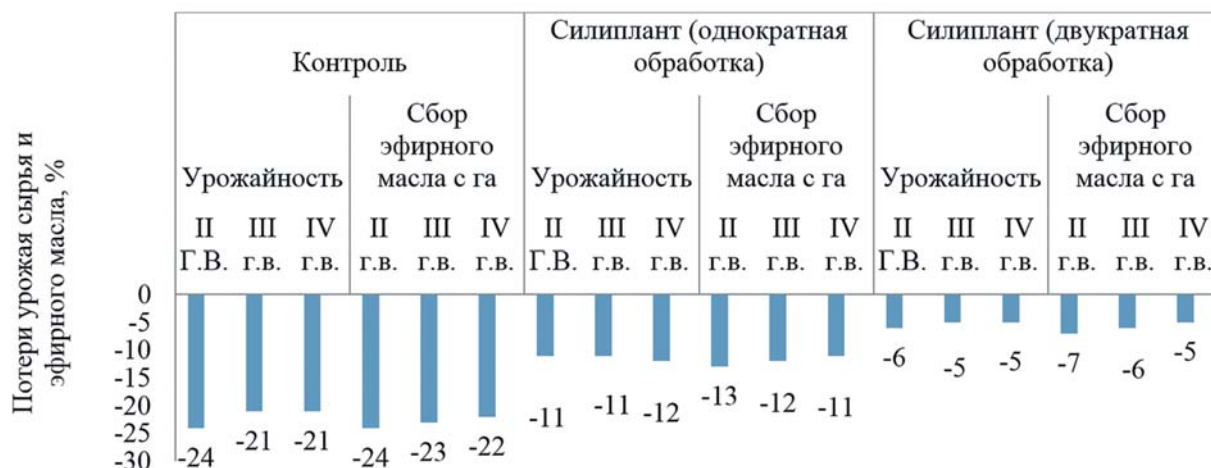


Рис. 1. Потери урожая сырья тысячелистника обыкновенного II-IV годов вегетации и сбора эфирного масла с гектара при применении микроудобрения Силиплант в засушливые погодные условия 2020 года
Fig. 1. Crop losses of yarrow raw materials of the II-IV years of vegetation and collection of essential oil per hectare when using Siliplant microfertilizer in dry weather conditions of 2020

Таблица 4. Влияние Силипланта на урожайность, содержание эфирного масла и его сбор с гектара на тысячелистнике обыкновенном V года вегетации

Table 4. The effect of Siliplant on yield, essential oil content and its collection from a hectare on yarrow of the ordinary V year of vegetation

Вариант опыта	Урожайность		Содержание эфирного масла, %	Сбор эфирного масла	
	т/га	прибавка, т/га		кг/га	прибавка, кг/га
Контроль (обработка водой)	4,49	-	0,233	10,46	-
Силиплант (однократная обработка)	5,07	0,58	0,233	11,81	1,35
Силиплант (двукратная обработка)	5,41	0,92	0,234	12,65	2,19
НСР ₀₅	0,236				

Из диаграмм рисунка 1 видно, что в вариантах с однократной обработкой Силиплантом потери урожая составляют 11-13%, при двукратной обработке – 5-6%, в то время как в контроле – 21-24%. Наиболее низкие потери сбора эфирного масла, как и в случае с урожайностью, наблюдаются при двукратной обработке микроудобрением и составляют 5-7%, в контроле – 22-24%.

Таким образом, применение кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант позволяет растениям адаптироваться в условиях высоких температур и низкой влагообеспеченности, что приводит к снижению потерь урожая лекарственного сырья и сбора эфирного масла.

Применение Силипланта на тысячелистнике важно еще и в связи с тем, что, являясь многолетней культурой, он может выращиваться на одном месте в течение 5 лет. Однако, проведенный анализ урожайности в условиях Западного Предкавказья в разные сроки вегетации, показал, что наибольшая урожайность и сбор эфирного масла наблюдается на II-м и III-м годах вегетации, далее на IV году идет уменьшение обоих этих показателей даже при оптимальных погодных условиях 2021 года (таблица 2). Особенно сильное снижение урожайности и сбора эфирного масла наблюдается на V году вегетации (таблица 4).

Снижение урожайности на IV году вегетации в контроле по сравнению со II-м годом вегетации составляет 17%, сбор эфирного масла снижается на 19%, на V году вегетации – 41 и 42%, соответственно (рис. 2).

Внекорневые подкормки Силиплантом способствовали уменьшению потерь урожая. Так, однократная обработка микроудобрением на IV году вегетации снижала потери урожая до 7%, на V году вегетации – до 34%, при двукратной обработке эти величины составили 2 и 29%, соответственно. Данные по сбору эфирного масла с гектара практически сопоставимы с данными по урожайности, так как Силиплант не оказал влияния на содержание эфирного масла в сырье (рис. 2).

Таким образом, применение кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант, при однократной и двукратной обработках, дает возможность эффективно использовать плантацию тысячелистника обыкновенного в условиях Западного Предкавказья в течение 5 лет, так как на V году вегетации даже при оптимальных погодных условиях наблюдается значительное снижение урожайности. При

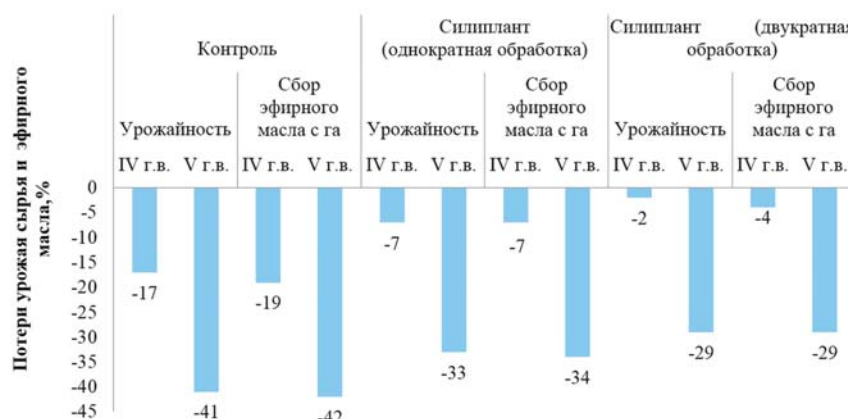


Рис. 2. Потери урожая сырья тысячелистника и сбора эфирного масла с гектара на IV и V годах вегетации при оптимальных погодных условиях 2021 года

Fig. 2. Crop losses of yarrow raw materials and the collection of essential oil per hectare in the IV and V years of vegetation under optimal weather conditions in 2021

засушливых погодных условиях для повышения устойчивости растений тысячелистника к абиотическому стрессу необходимо двукратное применение Силипланта.

Выводы

1. Изучение роста и развития тысячелистника обыкновенного II-IV годов вегетации при разных погодных условиях в Западном Предкавказье показало, что высокие температуры воздуха и низкая влагообеспеченность оказали отрицательное влияние на ростовые процессы. Урожайность при этом снижалась на 21-24%, сбор эфирного масла с гектара – на 22-24%.

2. Применение кремнийсодержащего микроудобрения Силиплант при двукратной обработке способствует повышению адаптации растений тысячелистника II - IV годов вегетации к засушливым погодным условиям и снижает потери урожая сырья до 5-6% и сбор эфирного масла с гектара до 5-7%, в контроле эти показатели составляют 21-24% и 22-24%, соответственно.

3. Включение микроудобрения Силиплант в технологию выращивания тысячелистника обыкновенного дает возможность получать стабильные урожаи лекарственного сырья с высоким сбором эфирного масла с гектара независимо от погодных условий.

4. Определение урожайности тысячелистника в разные годы вегетации растений показало, что наибольшая урожайность наблюдается на II-III годах, однако за счет применения Силипланта возможно осуществлять сбор эфиромасличного сырья в условиях Западного Предкавказья в течение 4-х лет.

Об авторах:

Руслан Рамазанович Тхаганов – старший научный сотрудник, автор для переписки, krasnodarvilar@gmail.com

Александр Иванович Морозов – доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора ФГБНУ ВИЛАР

Нина Сергеевна Тропина – старший научный сотрудник, tropinans@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2457-0609>

Рамазан Нурбиевич Тхаганов – старший научный сотрудник

About the Authors:

Ruslan R. Tkhananov – Senior Researcher, Corresponding Author, krasnodarvilar@gmail.com

Aleksandr I. Morozov – Doc. Sci. (Agriculture), Deputy Director of VILAR

Nina S. Tropina – Senior Researcher, tropinans@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2457-0609>

Ramazan N. Tkhananov – Senior Researcher

• Литература

1. Паштетский В.С., Невкрытая Н.В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор). *Таврический вестник аграрной науки*. 2018;1(13):18-40.
2. Атлас лекарственных растений России. Под ред. Сидельникова Н.И. М. "Наука". 2021. 646 с.
3. Верниковская Н.А., Темердашев З.А. Идентификация и хроматографическое определение фенольных соединений в тысячелистнике обыкновенном. *Аналитика и контроль*. 2012;16(2):188-195.
4. Колпакова М.А. Химико-фармакогностическая характеристика сырья тысячелистника обыкновенного. *Бюллетень медицинских интернетконференций*. 2019;9(2):66-69.
5. Nadim A.A., Malik A.A., Ahmad J., Bakshi S.K. The Essential Oil of *Achillea millefolium* L. cultivated under Tropical Condition in India. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2011;7(5):561-565.
6. Alvarenga I., Pacheco F.V., Alvarenga A.A., Bertolucci S.K.V. Growth and production of volatile compounds of yarrow (*Achillea millefolium* L.) under different irrigation depths. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2018;90(4):3901-3910.
7. Юсубов М.С., Калинин Л.А., Дрыгунов Л.М. и др. Химический состав эфирного масла тысячелистник обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) и азиатского (*Achillea asiatica* L.). *Химия растительного сырья*. 2000;(3):25-32.
8. Askari F., Mirza M., Tafti M.M. Effect of density and year of cultivation on essential oil content and chemical compounds of *Achillea millefolium* subsp. *elbursensis*. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. March 2021;12(1):122-127.
9. Асланова Д., Кароматов И.Д. Тысячелистник обыкновенный в народной и научной фитотерапии. *Биология и интерактивная медицина*. 2018;1(18):167-180.
10. Fierascu I., Ungureanu C., Avramescu S.M., Fierascu R.C. et al. *In Vitro* Antioxidant and Antifungal Properties of *Achillea millefolium* L. *Romanian Biotechnological Letters*. 2015;20(4):10626-10636.
11. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 2016;(529):84-87.
12. Башков А.С., Бортник Т.Ю., Загребина М.В. Зависимость продуктивности полевых культур от метеорологических условий. *Земледелие*. 2013;(3):31-33.
13. Сидельников Н.И., Хазиева Ф.М., Ковалев Н.И. Роль регуляторов роста и микроудобрений при введении лекарственных растений в культуру. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 2018;(3):62-66.
14. Тхаганов Р.Р., Сидельников Н.И., Быкова О.А. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность эхинацеи пурпурной в зависимости от погодных условий. *Масличные культуры*. 2021;(3):35-42.
15. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системы почва-растение. Пушchino. 2008. 35 с.
16. Wang L., Nie Q., Li M., Zhang F. Biosilicified structures for cooling plant leaves: a mechanism of highly efficient midinfrared thermal emission. *Applied Physics Letters*. December 2005;87(19):194-205.
17. Wang M., Wang R., Mur L.A.J. et al. Functions of silicon in plant drought stress responses. *Hortic Res*. 2021;(8):254.
18. Пушкина Г.П., Сидельников Н.И. Роль кремния в повышении биопроductивности и адаптации лекарственных растений к засушливым погодным условиям. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2016;(12):249-252.
19. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами. М.: ВИЛАР. 1981. 45 с.
20. Требования к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений. М.: ВИЛАР. 2006. 25 с.
21. Государственная фармакопея России XIV выпуска. Т. IV/ Под ред. Емшановой С.В., Потаниной О.Г. М.: Изд-во «Медицина». 2018. С. 5188-7018.
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М. Агропромиздат. 1985. 351 с.

• References

1. Pashtetsky V.S., Nevkrytaya N.V. The use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary medicine and plant growing (review). *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2018;1(13):18-40. (In Russ.)
2. The Atlas of medicinal plants of Russia. Edited by Sidelnikov N.I. M. "Nauka". 2021. 646 p. (In Russ.)
3. Vernikovskaya N.A., Temerdashev Z.A. Identification and chromatographic determination of phenolic compounds in the *Achillea millefolium*. *Analysis and control*. 2012;16(2):188-195. (In Russ.)
4. Kolpakova M.A. Chemical and pharmacognostic characteristics of raw materials of the common yarrow. *Bulletin of medical Internet conferences*. 2019;9(2):66-69. (In Russ.)
5. Nadim A.A., Malik A.A., Ahmad J., Bakshi S.K. The Essential Oil of *Achillea millefolium* L. cultivated under Tropical Condition in India. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2011;7(5):561-565.
6. Alvarenga I., Pacheco F.V., Alvarenga A.A., Bertolucci S.K.V. Growth and production of volatile compounds of yarrow (*Achillea millefolium* L.) under different irrigation depths. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2018;90(4):3901-3910.
7. Yusubov M.S., Kalinkina L.A., Drygunov L.M., etc The chemical composition of essential oil is common yarrow (*Achillea millefolium* L.) and Asian (*Achillea asiatica* L. *Chemistry of plant raw materials*. 2000;(3):25-32. (In Russ.)
8. Askari F., Mirza M., Tafti M.M. Effect of density and year of cultivation on essential oil content and chemical compounds of *Achillea millefolium* subsp. *elbursensis*. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. March 2021;12(1):122-127.
9. Aslanova D., Karomatov I.D. Yarrow ordinary in folk and scientific herbal medicine. *Biology and interactive medicine*. 2018;1(18):167-180. (In Russ.)
10. Fierascu I., Ungureanu C., Avramescu S.M., Fierascu R.C. et al. *In Vitro* Antioxidant and Antifungal Properties of *Achillea millefolium* L. *Romanian Biotechnological Letters*. 2015;20(4):10626-10636.
11. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 2016;(529):84-87.
12. Bashkov A.S., Bortnik T.Yu., Zagreb M.V. Dependence of productivity of field cultures on meteorological conditions. *Agriculture*. 2013;(3):31-33. (In Russ.)
13. Sidelnikov N.I., Khazieva F.M., Kovalev N.I. The role of regulators of growth and microfertilization when introducing medicinal plants into the culture. *Bulletin of Agricultural Science*. 2018;(3):62-66. (In Russ.)
14. Tkhananov R.R., Sidelnikov N.I., Bykova O.A. Effect of growth and microfertilization regulators on the yield of purple echinacea depending on weather conditions. *Oilseeds*. 2021;(3):35-42. (In Russ.)
15. Matychenkov V.V. The role of mobile silicon compounds in plants and the soil-plant system. Pushchino. 2008. 35 p. (In Russ.)
16. Wang L., Nie Q., Li M., Zhang F. Biosilicified structures for cooling plant leaves: a mechanism of highly efficient midinfrared thermal emission. *Applied Physics Letters*. December 2005;87(19):194-205.
17. Wang M., Wang R., Mur L.A.J. et al. Functions of silicon in plant drought stress responses. *Hortic Res*. 2021;(8):254.
18. Pushkina G.P., Sidelnikov N.I. The role of silicon in increasing the bio-productivity and adaptation of medicinal plants to dry weather conditions. *New and unconventional plants and prospects for their use*. 2016;(12):249-252. (In Russ.)
19. Conducting field experiments with medicinal cultures. M.: VILAR. 1981. 45 p. (In Russ.)
20. Requirements for the design of field experiments at the All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants. M.: VILAR. 2006. 25 p. (In Russ.)
21. The State Pharmacopoeia of Russia of the XIV issue. Vol. IV. Ed. Emshanova S.V., Potanina O.G. M.: Publishing house "Medicine". 2018. pp. 5188-7018. (In Russ.)
22. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M. Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-72-78>
УДК 635.64:631.547.66:581.19

Irina Yu. Kondratyeva, Anna V. Molchanova*

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Vegetable Center"
14, Selektionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072

*Correspondence: vovka_ks@rambler.ru

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

Author contributions. Irina Yu. Kondratyeva – conceived the experiment, Irina Yu. Kondratyeva and Anna V. Molchanova performed the research, did the data management and analyzed the data. Irina Yu. Kondratyeva provided breeding material for the study and consulting assistance. Irina Yu. Kondratyeva, Anna V. Molchanova wrote the paper. All authors confirm that they participated in the writing of this article. All authors reviewed and approved this submission.

For citations: Kondratyeva I.Yu., Molchanova A.V. Effect of ripening on biochemical characteristics of tangerine tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):72-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-72-78>

Received: 28.06.2022

Accepted for publication: 30.08.2022

Published: 02.12.2022

И.Ю. Кондратьева, А.В. Молчанова*

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

*Автор для переписки: vovka_ks@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Кондратьева И.Ю. – автор эксперимента, Кондратьева И.Ю. и Молчанова А.В. провели исследование, обработали и проанализировали данные. Кондратьева И.Ю. предоставила материал для изучения и консультационную помощь. Все авторы рассмотрели и одобрили это представление. Все авторы участвовали в написании статьи, прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Для цитирования: Kondratyeva I.Yu., Molchanova A.V. Effect of ripening on biochemical characteristics of tangerine tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):72-78. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-72-78>

Поступила в редакцию: 28.06.2022

Принята к печати: 30.08.2022

Опубликована: 02.12.2022

Effect of ripening on biochemical characteristics of tangerine tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.)



Abstract

Relevance. When creating tomato varieties and hybrids, much attention is paid not only to the commercial component (yield, appearance and uniform ripening), but also to the taste qualities of the products. Salad tomato varieties with yellow, tangerine, and pink fruits are increasingly in demand. As a rule, these fruits do not store for a long time, so it is necessary to increase their storability and transportability. Fruits of this group of tomatoes have high antioxidant activity, which is due not only to the significant content of water-soluble antioxidants (such as ascorbic acid), but also carotenoids. The preservation of fruit largely depends on the dry matter content.

The aim of investigation is to study biochemical parameters of tangerine tomatoes fruits under different ripening conditions.

Materials and methods. Plants were grown in the greenhouse of Federal Scientific Vegetable Center. Biochemical characteristics of tomato fruits were studied during harvesting and after laying for storage in the milky ripeness phase according to the following indicators: dry matter, ascorbic acid, total content of water-soluble antioxidants, titratable acidity, monosaccharides, polyphenols and carotenoids.

Results. The percentage of dry matter in tangerine tomato fruits does not change during storage, even increases slightly. The dry matter content of fruits from the open field is slightly higher than that of fruits from the greenhouse. The content of sugars and ascorbic acid in fruits with tangerine fruits after laying for ripening decreases slightly. However, the content of these compounds is higher in mature fruits immediately after picking than in fruits after ripening. The total content of antioxidants during ripening decreases, though not significantly (in 1.1-1.7 times).

Keywords: tangerine tomatoes, dry matter, monosaccharides, ascorbic acid, total antioxidant content, total acid content, polyphenols, carotenoids.

Влияние дозаривания на биохимические показатели плодов томата (*Solanum lycopersicum* L.) оранжевой окраски

Резюме

Актуальность. При создании сортов и гибридов томата уделяется большое внимание не только коммерческой составляющей (урожайности, внешнему виду и равномерному созреванию), но и вкусовым качествам продукции, относящиеся к органолептическим показателям. Все больше востребованы салатные сорта томата с желтыми, оранжевыми и розовыми плодами. Как правило, такие плоды долго не хранятся, в связи с чем необходимо увеличить их лёжкость и транспортабельность. Плоды данной группы томата имеют высокую антиоксидантную активность, которая обусловлена не только значительным содержанием водорастворимых антиоксидантов (например, аскорбиновой кислоты), но и каротиноидами. Сохранность плодов во многом зависит от содержания сухого вещества.

Цель исследования – изучение биохимических показателей оранжевоокрашенных плодов томата при разных условиях дозаривания.

Материалы и методы. Растения выращивали в поликарбонатных теплицах лаборатории селекции и семеноводства паслёновых культур ФГБНУ ФНЦО. В лабораторно-аналитическом отделе был изучен биохимический состав плодов томата при уборке с поля и после закладки на хранение в фазе молочной спелости по следующим показателям: сухое вещество, аскорбиновая кислота, суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов, титруемая кислотность, моносахаров, полифенолы и каротиноиды.

Результаты. Процент сухого вещества в оранжевоокрашенных плодах томата не изменяется при хранении, даже несколько повышается. Содержание сухого вещества в плодах из открытого грунта несколько выше, чем в плодах из теплицы. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах с желто-оранжевой окраской плодов после закладки на дозаривание уменьшается в 1,2-1,4 раза, а сахаров в 1,4 раза. Однако в зрелых плодах, сразу после сбора, содержание данных соединений несколько выше, чем в плодах после дозаривания. Отмечена тенденция по снижению суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов при дозаривании (в 1,1-1,7 раза).

Ключевые слова: оранжевоокрашенные сорта томата, сухое вещество, моносахара, аскорбиновая кислота, суммарное содержание антиоксидантов, полифенолы, каротиноиды

Introduction

The problem of year-round supply of the population with fresh vegetables, including tomatoes, is generally solved. Partly due to domestic production and to a greater extent due to import. The area under tomatoes in the open field in Russia is decreasing. In 2020, according to Russian Statistics, they were only 81.8 thousand hectares, which is 6.9 thousand hectares less than in 2015 [1]. However, a marked increase in the area of protected ground (according to estimates of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation in 2018, about 300 hectares of winter greenhouses were commissioned in Russia) and an increase in the area of open ground under drip irrigation (they grew by more than 50 times and amounted to 51.0 thousand ha), which influenced the increased production of fresh domestic products. According to estimates of INTERAGRO, the yield of tomatoes in 2020 will be 560 thousand tons, import – 534 thousand tons. Thus, for the first time in many years, domestic production may displace import and reaches 51%, which is 3% higher than in 2019.

Increased production of domestic products will probably gradually replace imported products of tomato fruits and seeds. First of all, it is necessary to create competitive varieties and hybrids of tomato for both open and protected ground, to establish seed production and especially the creation of hybrids. In addition to, yield and high marketable qualities, it is necessary to focus more on organoleptic components, in terms of appearance and taste [2 – 5].

Salad tomato varieties with yellow, tangerine and pink fruits, whose coloration depends on the qualitative and quantitative composition of carotenoids such as lutein, β -carotene and ζ -carotene, which have positive effects on the human body, are increasingly in demand [6; 7]. In 16 tomato samples, high-performance liquid chromatography methods showed that high lycopene content was noted in red-colored samples, whereas three dominant carotenoids (δ -carotene, β -carotene and prolycopene) were detected in tangerine-colored tomatoes. Yellow-colored tomatoes showed lower carotenoid content compared to red and tangerine tomatoes (no lycopene and little β -carotene content) [8]. Deineka et al. [9] on tomato samples of red, pink, tangerine, and yellow coloration: trans-lycopene and its cis-isomers are the main carotenoids of red and pink fruits, protolycopene and other carotenenes preceding its biosynthesis are typical for orange-colored fruits, while in yellow tomatoes a significant accumulation of lutein was noted. Despite these results, in terms of the content of carotenoids, sugars, and ascorbic acid in yellow-colored, tangerine-colored, and pink-colored tomato fruits, these varieties are in demand for dietary foods for people with digestive problems and children's diets [10 – 14]. But they do not store for a long time and are not transportable, due to the fact that simultaneously with the ripening of the tomato fruit there are processes leading to spoilage of the product, which, in turn, is caused by the cleavage of pectin by the enzyme polygalacturonase [15].

Fruit preservation depends on the dry matter content [16]. The higher the percentage of dry matter, the better the preservation of fruits. It is necessary to increase the storage period and create varieties more storable, without losing their taste qualities. We have already created a number of such varieties: tangerine-fruited – Charovnitsa, Osennyya rapsodiya, Dolgonosik, Viking [17].

Therefore, the purpose of our investigation was to study the biochemical parameters of tangerine-colored tomato fruits under different conditions of ripening.

Material and Methods

The material for the study were selection samples of tomatoes from the laboratory of breeding and seed production of

Solanaceae crops FSBSI FSVC with tangerine-orange color of fruits (Fig. 1, 2, 3, 4).

Breeding accession Line 1-21 is a medium-late, determinant. The fruit is oval in shape with an elongated nose, dense, lying, tangerine in color, weighing up to 200-250 g. Highly resistant to phytophthora. Intended for growing in greenhouses.

Cv. Rufina is an early maturing, determinant variety. The leaf is medium-sized, green. Inflorescence intermediate type, the fruit is round, slightly ribbed, medium density, weighing up to 90 g. The color of the immature fruit is green, the mature one is bright tangerine. The number of nests 4-5. Weight of the fruit up to 90 g. Marketable yield 14-18 kg/m². Resistant to tobacco mosaic virus and phytophthora.

Cv. Charovnitsa – medium early determinant bush, the height of the main stem to 60-70 cm. Variety medium-late maturity (100-115 days). The fruit is oval, dense, smooth, does not crack, weighing up to 100 g, original tangerine color, with good preservation of fruits after collection. The peduncle without articulation. The dense consistency of fruit makes it possible to use them for whole-fruit canning and pickling. Yields 50-60 t/ha. Resistant to phytophthora and tomato apical rot. Recommended for cultivation in a field and greenhouses.

Cv. Osennyya rapsodiya is selected for the open field, medium-early, from the mass sprouts to maturity 97-100 days. The height of the main stem is 50-55 cm. The bush is determinant. Oblivionality is average, the leaf average, light green. The shape of the fruit is rounded, weighing 130-160 g. The color of the fruit in the technical ripeness is green, without the green spot at the stalk, in the biological ripeness – tangerine. The yield is 55-65 tons per hectare. Drought tolerant and cold hardy. Relatively resistant to phytophthora, fruits do not crack, not affected by apical rot.

Standard agricultural techniques for tomato crop were used. Samples were grown in unheated greenhouses. Seedlings were planted in cassettes (5x5 cm cell) on March 25, planting in the ground on April 25. Scheme of planting a two-line 70x50x35 cm. Field experiments, phenological observations, and yield record were conducted according to the Methodical instructions on selection of tomato varieties and hybrids for field and greenhouse [18].

Fruits for ripening were placed in the milk-ripe phase of maturity in plastic crates of 25 x 40 cm with holes on the entire surface of the walls. The ripening was carried out indoors, at a room temperature not exceeding 18°C. Fruits were laid visually healthy, without damage, collected in dry weather. Fruits were laid in two layers, boxes were not closed. Illumination of the room was natural. Counting and biochemical analysis were performed after fruit ripening in two weeks after storing.

Analysis of biochemical composition in fruits with yellow-tangerine coloring of fruits of promising lines was carried out in two stages – the first analysis of fruits collected mature, the second analysis of fruits collected in the milk-ripe stage and put in for ripening.

The biochemical composition of tomato fruits was studied according to the following indicators: determination of the total content of water-soluble antioxidants – by the method of Maximov et al. [19], ascorbic acid (AA) was the standard; AA content – by the Sapozhnikova and Dorofeeva method [20]. Dry matter content – by drying the sample to a constant weight [21], titratable acidity was determined by the Andryushchenko method [22], monosaccharides content was conducted by cyanide method [23]. Taste Index was calculated according to Navez et al. [24] using the formula $TI = TA + TS / (20 \times TA)$, (where TA – titratable acidity, TS – sugar content).

Polyphenol content was determined using a spectrophotometer using the Folin-Ciocalteu reagent [25] in alcoholic extracts of dried tomato fruits (70% ethanol, heating to 80 °C for 1 h). Gallic acid was



Рис. 1. Томат, Линия №1-21

Fig. 1. Tomato b.a. Line №1-21



Рис. 2. Томат, сорт Руфина

Fig. 2. Tomato cv. Rufina



Рис.3. Томат, сорт Чаровница

Fig. 3. Tomato cv. Charovnitza



Рис. 4. Томат, сорт Осенняя рапсодия

Fig. 4. Tomato cv. Osennaya rapsodiya

used as a standard. The results were expressed in mg-eq of gallic acid/g dry weight.

The content of the sum of antioxidants was determined by titrating 1 ml of 0.05 N KMnO_4 solution in 0.24 M H_2SO_4 medium with the analyzed solution (extract of dried tomato fruits in 70% alcohol) until the permanganate solution discolored [25]. Gallic acid was used as a standard [26]. The results were expressed in mg-eq of gallic acid/g dry weight.

Determination of carotenoid composition was carried out according to the following procedure. Before the analysis, fruits were washed, dried with filter paper and homogenized. From 0.5 to 1.5 g of the resulting mixture (depending on the brightness of fruit color) was extracted with acetone (3x5 ml), using a glass powder for better extraction of carotenoids while grinding samples in a mortar. To the combined acetone extract, about 9 mL of hexane and then 50-60 mL of distilled water were added. The aqueous layer was separated and the washing of the organic layer with water was repeated 4-5 times until the harsh smell of acetone disappeared. The hexane layer thus obtained was quantitatively transferred to a 10 ml pycnometer, brought to the mark with hexane and filtered on a folded filter through a layer of anhydrous sodium sulfate. The solution was stored without bright light and analyzed within 6 h after preparation [27; 28].

Statistical processing of the experimental data was performed according to Dospekhov [29] using the Excel statistical program. Data were processed by analysis of variance and mean separations were performed through the Duncan multiple range test, with reference to 0.05 probability level.

Results and discussing

Tomato varieties and hybrids with high dry matter content (more than 6%) are in demand for the preparation of juices and tomato paste. In the process of ripening, the fruits of such varieties do not lose their marketable appearance, remaining dense [30]. Knowledge of the dynamics of dry matter accumulation in tomato samples of different ripeness groups during the early phases of ontogenesis makes it possible to use the specific breeding material more purposefully in a short time of the field season, which will significantly accelerate the process of creating new hybrids and tomato varieties with specified parameters [16].

The comparative analysis of dry matter content in mature fruits immediately after harvesting and in fruits after 20 days storage (fruits laid in the milk phase of maturity) showed that this indicator in tomato fruits after storage has not changed, except for the cv. Rufina. The percentage of dry matter was higher in ripe tomatoes – 7.5 %, and in the laid in storage significantly lower – 5.9 %. The fruits of this variety are more dense than other varieties, which apparently led to less intensive moisture loss. Probably, the conditions of growing in protected ground on the quality of fruits after storage had no significant influence (Table 1).

For the content of monosaccharides a different pattern was noted: the maximum is shown for samples cv. Rufina and Line 1-21 before putting in storage. In 20 days after storage in these samples there was a significant decrease in the content of this parameter: from 3.0%...3.4% to 2.1%...2.4%, while in the cv. Charovnitza and cv. Osennaya rapsodiya these values were comparable with each other, both before storage and after (Table 1).

At the same time, the correlation coefficient between dry matter content and monosaccharides was high and was $r=0.75$ at $p<0.02$ (Fig. 5).

The chemical diversity of natural antioxidants makes it difficult to separate, identify, and quantify individual antioxidants from complex food/biological substances. Nevertheless, the indicator of total antioxidant activity is often more informative in assessing the healing and beneficial effects of biological complexes due to the synergistic action of

Table 1. Dry matter content and content of monosaccharides in tangerine-colored tomato fruits before and after storage

Sample	Matured fruit		After storage	
	Dry matter, %	Monosaccharides, %	Dry matter, %	Monosaccharides, %
b.a. Line №1-21	6.3±0.20 b	3.3±0.09 a	6.8±0.12 a	2.4±0.04 b
Rufina	7.5±0.21 a	3.0±0.04 a	5.9±0.03 b	2.1±0.02 b
Charovnitza	5.3±0.01 c	2.0±0.03 c	5.1±0.01 c	1.8±0.03 c
Osennyya rapsodiya	4.9±0.02 c	2.2±0.04 b	4.9±0.09 c	1.7±0.01 c

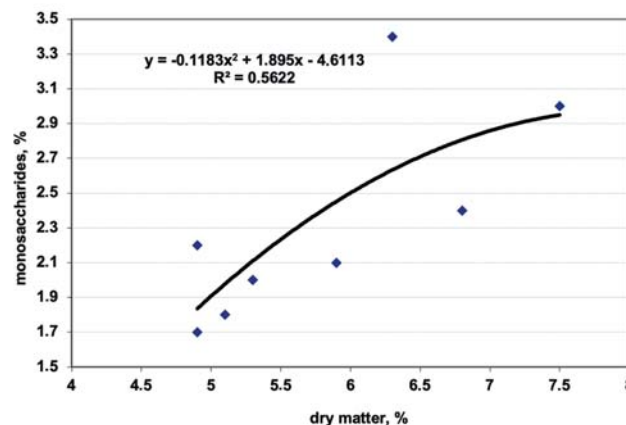
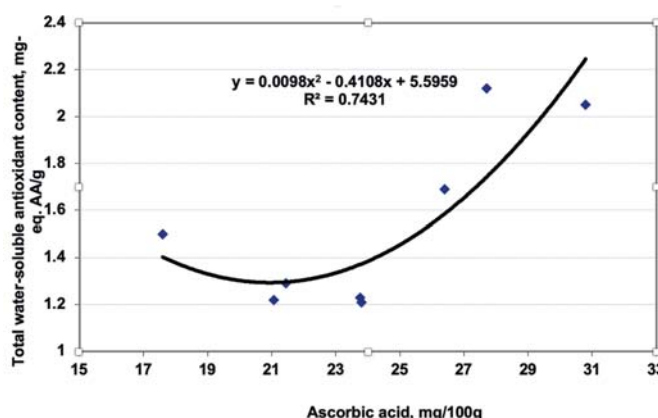
Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$.

individual antioxidants [31]. Therefore, the content of water-soluble antioxidants in vegetable crops is currently one of the most important indicators [25]. We measured both the total content of water-soluble antioxidants and one of the indicators – L-ascorbic acid.

The ascorbic acid content was the highest in mature tomato fruits of cv. Rufina and cv. Charovnitza, and in Line 1-21, whereas in cv. Osennyya rapsodiya it was significantly lower by 1.3 times. After three weeks of storage, the ascorbic acid content in tomato fruits of all samples was 1.2-1.4 times lower than in mature tomatoes collected from the field and immediately analyzed (Table 2). The same pattern was shown for the sum of water-soluble antioxidants for all samples except the cv. Osennyya rapsodiya – the amount of antioxidants was comparable both in fruits after storage and in those immediately collected in the field.

The calculated correlation coefficient between ascorbic acid content and the sum of water-soluble antioxidants was also high – $r = 0.86$ (Fig. 6) due to the fact that ascorbic acid makes the main contribution to antioxidant activity.

One of the indicators of the taste characteristics of tomato fruits is the total acidity – titratable acidity (calculated per malic acid). The highest percentage of acidity in tomato fruits was found in the cv. Rufina, the fruits of which were collected from the field and immediately analyzed. A 1.2-fold decrease in titratable acidity was observed in Rufina fruits put in storage. The least amount of organic acids was determined in the cv. Charovnitza in both variants of the experiment. Apparently, the varietal factor determines the variation in the content of organic acids in the studied tomato varieties in different variants (Table 2). It is known that the ratio of sugars and acids in tomato

**Fig. 5. Relationship between monosaccharides and dry matter content in tomato fruits ($r = 0.75$; $p < 0.02$)****Fig. 6. Relationship between ascorbic acid content and the total water-soluble antioxidant content in tomato fruits ($r = 0.86$; $p < 0.001$)**

fruits is an important criterion for evaluation of taste qualities – taste index (TI).

Taste index of fruits harvested mature was significantly higher in Line 1-21 compared to cv. Rufina, cv. Charovnitza and cv. Osennyya rapsodiya by 1.5 times. Whereas after storage, the taste index in the Line 1-21 and cv. Osennyya rapsodiya decreased by 1.3-1.4 times and their values became comparable to the other varieties. In cv. Charovnitza and cv. Rufina taste index remained unchanged. This may be explained by the fact that the tomato fruits harvested mature, receive water and the necessary organic and mineral substances from the mother plant, while the harvested fruits in the phase of ripeness and put in storage, do not receive nutrients.

Among secondary metabolites, polyphenols appear to be the most important due to their high antioxidant activity and anticarcinogenic properties [32]. In addition to these properties, such compounds also exhibit a synergistic effect with other natural antioxi-

Table 2. Content of ascorbic acid, the total water-soluble antioxidants and titratable acidity in tangerine tomato fruits before and after storage

Sample	Matured fruit			After storage		
	Ascorbic acid, mg/100g	Total water-soluble antioxidant content, mg-eq. ascorbic acid/g	Titratable acidity, % (in terms of malic acid)	Ascorbic acid, mg/100 g	Total water-soluble antioxidant content, mg-eq. ascorbic acid/g	Titratable acidity, % (in terms of malic acid)
b.a. Line №1-21	26.4±0.1a	1.69±0.01b	0.287±0.003c	21.5±0.44b	1.22±0.005b	0.305±0.01b
Rufina	30.8±0.9a	2.05±0.03a	0.403±0.004a	21.5±0.88b	1.29±0.005b	0.345±0.01b
Charovnitza	27.7±0.4a	2.12±0.02a	0.275±0.013c	23.8±0.88b	1.23±0.005b	0.261±0.01c
Osennyya rapsodiya	23.7±0.9b	1.21±0.01b	0.311±0.01b	17.6±0.01c	1.05±0.015c	0.351±0.01b

Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$.

Table 3. Taste index of tangerine-colored tomato fruits before and after storage

Sample	Matured fruit	After storage
b.a. Line №1-21	0.62a	0.45b
Rufina	0.42b	0.36c
Charovnitza	0.41b	0.39b
Osennyya rapsodiya	0.40b	0.30c

Values with the same letters are not statistically different according to Duncan's test at $p < 0.05$

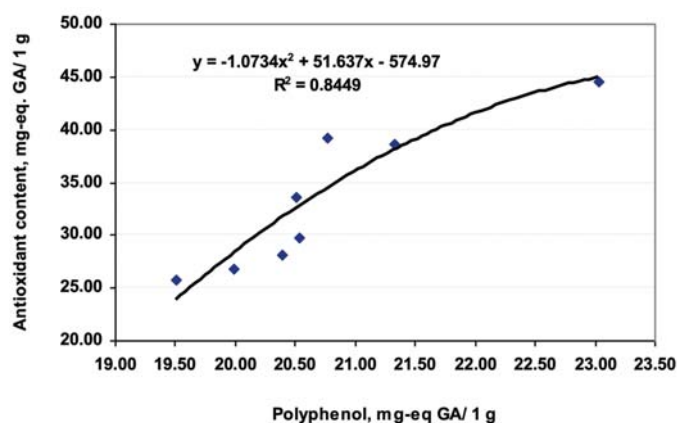
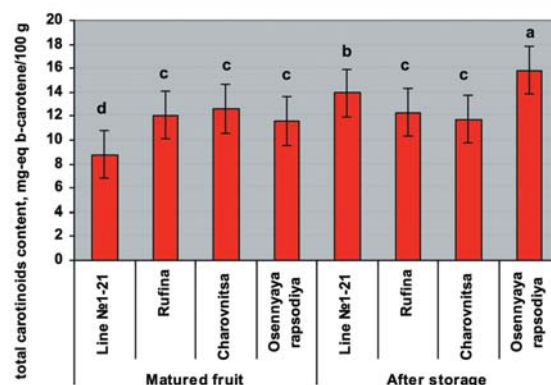
dants [25; 33]. In addition, researchers from Estonia determined the total content of polyphenols and flavonoid content in plants of the Solanaceae family – tomato, eggplant, chili pepper and potato [34]. It was shown that the highest content of polyphenols was found in eggplant – 9.00 mg/g and 6.60 mg/g respectively, followed by chili pepper – 4.80 mg/1 g and 2.40 mg/1 g) respectively, and in tomato – 3.6 mg/1 g in terms of tannic acid.

In terms of polyphenol content, 2 samples – Line 1-21 and cv. Rufina analyzed after laying for ripening. The fruits showed the highest amount of antioxidants compared to the fruits harvested and analyzed immediately. Whereas in other experimental variants the values of this indicator were comparable (Table 4).

The amount of antioxidants in fruits after storage increased by 1.3-1.5 times. At the same time, a high correlation coefficient between these two parameters – $r=0.92$ – was also shown (Fig. 7). In many publications, a high correlation coefficient between these two parameters was observed on various plant objects. It has been shown that phenolic compounds make a major contribution to the antioxidant activity due to their antioxidant-reduction properties, which allow them to act as reducing agents, hydrogen donors and neutralizers of singlet oxygen [35].

One of the most important tasks in the breeding of cultivated varieties of tomato with a high content of carotenoids in the fruit. When stored for ripening, the carotenoid content was in the range of 8.8...12.6 mg%. At the same time, the lowest content (8.8 mg%) was observed in the fruits of tomato Line 1-21. In the remaining samples, the values were comparable (Fig. 8). After ripening, carotenoid content increased in Line 1-21 (1.5-fold) and cv. Osennyya rapsodiya (1.4-fold). In the other tomato samples, the carotenoid values before storage and after ripening were comparable.

The content of ascorbic acid and the amount of water-soluble antioxidants increased significantly during storage of orange-red tomato fruits. Apparently, this is associated with an increase in respiration intensity during ripening, and with the increase of ROS activity. Similar results were also reported by Mandol et al. (2004) [36].

**Fig. 7. Relationship between the content of polyphenols and antioxidant content in tangerine-colored tomato fruits ($r=0.92$; $p < 0.001$)****Fig. 8. Sum of carotenoid content in the tangerine-colored tomato fruits before and after storage. Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$**

They showed that the ripening process of tomato fruits is accompanied by an increase in oxidative stress due to a significant increase in the amount of ROS. Varieties with short storage time are more susceptible to oxidative stress than long storage varieties due to the enzyme activity decrease and the increase in ascorbic acid content.

The increase in the ascorbate content during storage, is known to be accompanied by β -carotene increase [37], and a decrease of lycopene [38] as a result of lycopinepsilocyclase and lycopinebetacyclase activity. In the orange-colored tomatoes in the present work, only two varieties demonstrates the total carotenoid content increase during storage (line 1-21 and Osennyya rapsodiya).

The increase in polyphenols and antioxidant amount during tomato storage was shown both in our study and in the investigation of Wrzodak et al. (2015 a, b) [39, 40] on plants treated with 1-MCP before storage. The authors attributed this result to the fact that 1-MCP is an ethylene inhibitor, which reduces the rate of ripening of tomato fruits, reduces rotting and weight loss. But the analysis of

Table 4. Polyphenol and antioxidant content in the alcohol extract in the tangerine-colored tomato fruits before and after storage

Sample	Matured fruit		After storage	
	Polyphenol, mg-eq Gallic acid/g	Antioxidant content, mg-eq. Gallic acid/g	Polyphenol, mg-eq Gallic acid/g	Antioxidant content, mg-eq. Gallic acid/g
b.a. Line №1-21	20.54 $\pm$ 0.09b	29.81 $\pm$ 1.24b	23.04 $\pm$ 0.17a	44.58 $\pm$ 0.74a
Rufina	19.51 $\pm$ 0.49b	25.76 $\pm$ 3.06c	21.33 $\pm$ 0.63a	38.63 $\pm$ 0.81b
Charovnitza	19.98 $\pm$ 0.12b	26.87 $\pm$ 0.12c	20.51 $\pm$ 0.25b	33.54 $\pm$ 1.43b
Osennyya rapsodiya	20.39 $\pm$ 0.12b	28.08 $\pm$ 0.62c	20.77 $\pm$ 0.23b	39.20 $\pm$ 4.30b

Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

publications showed that tomato fruit ripening is a complex multi-code process with many branching biosynthesis pathways, and, for example, the MYB protein family transcription factors can affect both carotenoid accumulation and chromoplast biogenesis, but also negatively regulate polyphenol accumulation by suppressing gene expression [37].

Conclusion

Thus, the analysis of tangerine-colored tomatoes after storage revealed that, the fruits of Line 1-21 significantly

increased the total antioxidant activity, ascorbic acid and decreased the percentage of dry matter, indicating the possibility of using these tomatoes as a donor for taste qualities and long storage period in the breeding process. Biochemical parameters of tomato fruits of cv. Rufina, cv. Charovnitza and cv. Osennyya rapsodiya varieties did not change after storage. The content of carotenoids in genotype Line 1-21 and cv. Osennyya rapsodiya varieties significantly increased after storage, while in other varieties it remained unchanged.

Об авторах:

Ирина Юрьевна Кондратьева – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства паслёновых культур, <https://orcid.org/0000-0003-0548-1491>

Анна Владимировна Молчанова – кандидат с.-х. наук, ст.н.с.

Лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, автор для переписки, vovka_ks@rambler.ru

About the Authors:

Irina Yu. Kondratyeva – Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher of Laboratory of breeding and seed production of Solanaceae crops, <https://orcid.org/0000-0003-0548-1491>

Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), senior researcher of Analytical department, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, Correspondence Author, vovka_ks@rambler.ru

• Литература / References

- Surikhina T.N., Meshcheryakova R.A., Telegina G.A. Features of vegetable production in the context of the COVID-19 pandemic. *Potatoes and vegetables*. 2021;(9):22-26. doi.org/10.25630/PAV/2021/83/31/003 (in Russ.)
- GOST 8756.1-2017 Processed fruits, vegetables and mushrooms. Methods for determining organoleptic indicators, mass fraction of constituents, net weight or volume. M. Standartinform. 2019. 12 p. (in Russ.)
- The Tomato Genome Consortium. The tomato genome sequences provides insights into fleshy fruit evolution. *Nature*. 2012;(485):635-641. <https://doi.org/10.1038/nature11119>
- Powell A.L.T., Nguyen C.V., Hill T., Cheng K.L.L., Figueroa-Balderas R., Aktas H., Ashrafi H., Pons C., Fernández-Muñoz R., Vicente A., Lopez-Baltazar J., Barry C.S., Liu Y., Chetelat R., Granell A., Van Deynze A., Giovannoni J.J., Bennett A.B. Uniform ripening Encodes a Golden 2-like Transcription Factor Regulating Tomato Fruit Chloroplast Development. *Science*. 2012;(336):1711–1715.
- Tieman D., Zhu G., Resende M.F.R. Jr., Lin T., Nguyen C., Bies D., Rambla J.L., Beltran K., Taylor M., Zhang B., Ikeda H., Liu Z., Fisher J., Zemach I., Monforte A., Zamir D., Granell A., Kirst M., Huang S., Klee H. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science*. 2017;(355):391–394. <https://doi.org/10.1126/science.aal1556>.
- Gulin A.V., Donskaya V.I., Katakaev N.H. Criterion for assessing the quality of tomato fruits by the content of sugars and acids. *News of FSVC*. 2019;(2):79-82. (in Russ.)
- Rodriguez-Amaya D.B. Update on natural food pigments – A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*. 2019;(124):200-205. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.028>
- Hee Ju Yoo, Woo Jung Park, Gyu-Myung Lee, Chang-Sik Oh, Inhwa Yeam, Dong-Chan Won, Chang Kil Kim, Je Min Lee. Inferring the genetic determinates of fruit colors in tomato by carotenoid profiling. *Molecules*. 2017;(22):764. <https://doi.org/10.3390/molecules22050764>
- Deineka V.I., Burzhinskaya T.G., Deineka L.A., Blinova I.P. Determination of carotenoids in tomato fruits of various colors. *Journal of Analytical Chemistry*. 2021;76(2):135-142. <https://doi.org/10.31857/S004450220120063> (in Russ.)
- DiMascio P., Raiser S., Sies H. Lycopene as the most effective biological capotenoid singlet oxygen. *Arch Biochem Biophys*. 1989;(274):532-538.
- Nisar N., Li L., Lu S., Khin N.C., Pogson B.J. Carotenoid metabolism in plants. *Mol. Plant*. 2015; 8(1):68-82. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.12.007>
- Goderska K., Dombhare K., Radziejewska-Kubzdela E. Evaluation of probiotics in vegetable juices: tomato (*Solanum lycopersicum*), carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) and beetroot juice (*Beta vulgaris*). *Archives of Microbiology*. 2022;204(6):300. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02820-1>
- Jurić S., Vlahoviček-Kahlina K., Jurić O., Uher S.F., Jalšenjak N., Vinceković, M. Increasing the lycopene content and bioactive potential of tomato fruits by application of encapsulated biological and chemical agents. *Food Chemistry*. 2022;(393):133341. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133341>
- Shen Nan, Wang Tongfei, Gan Quan, Liu Sian, Wang Li, Jin Biao. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry*. 38330. 132531 July 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531>
- Smith C.J.S., Watson C.F., Ray J., Bird C.R., Morris P.C., Schuch W., Grierson D. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature*. 1988;(334):724–726.
- Kondratyeva I.Yu. Private selection of tomato. Moscow. 2010. P. 266. (in Russ.)
- Kondratyeva I.Yu., Golubkina N.A. Tomato lycopene and β -carotene. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(4):80-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-80-83> (in Russ.)
- Guidelines for the selection of varieties and hybrids of tomato for open and protected ground. Moscow. 1986. (in Russ.)
- Maximova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamastsev A.P. Method for determination of antioxidant activity. Description of the invention for the patent of the Russian Federation. M. 2001. RU2170930 C1. (in Russ.)
- Sapozhnikova E.V., Dorofeeva L.S. Determination of ascorbic acid content in stained plant extracts by iodometric method. *Canning and dry industry*. 1966;(5):29-31. (in Russ.)
- Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruansky U.A., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods of biochemical research. L., Agropromizdat. 1987. 430 p. (in Russ.)
- Andryushchenko V.K. Methods of optimization of biochemical selection of vegetable crops. Kishinev, "Stiinta", 1981. P.30-34. (in Russ.)
- Determination of sugars in vegetables, berries and fruits. Cyanide method of determination of sugars in plants. Practicum on agrochemistry, ed. by V.V. Kidin. Moscow, publishing house "Kolos". 2008. P.236-240. (in Russ.)
- Navez B., Letard M., Graselly D., Jost J. Tomatoes: criteria for quality. *Infos CTIFL*. 1999;(155):41–47.
- Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants Antioxidants and methods for their determination. 2020. 181 p. (in Russ.)
- Misin V.M., Klimenko I.V., Zhuravleva T.S. On the suitability of gallic acid as a standard for an antioxidant formulation. *Competence*. 2014;7(118):46-51(in Russ.)
- Rodriguez-Amaya D.B. A guide to carotenoid analysis in foods. 2001. Washington. OMNI Research. 65 p.
- Golubkina N.A., Molchanova A.V., Tareeva M.M., Babak O.G., Nekrashevich N.A., Kondratieva I.Y. Quantitative thin-layer chromatography in the assessment of carotenoid composition of tomato *Solanum lycopersicum*. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):96-99. DOI:10.18619/2072-9146-2017-5-96-99 (in Russ.)
- Dospekhov B.A. Method of field experiment. M., Agropromizdat. 1985. (in Russ.)
- Kondratieva I.Yu. Early-ripening cold-resistant tomato varieties for open field. Sowing, planting, care, harvesting, storage, processing. M., VNIISOK. 2016. 112 p. (in Russ.)
- Apak R., Gorinstein S., Böhm V., Schaich K. M., Özyürek M., Güçlü K. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity / activity (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem*. 2013;85(5):957-998.
- Kolton A., Długosz-Grochowska O., Wojciechowska R., Czaja M. Biosynthesis regulation of folates and phenols in plants. *Scientia Horticulturae*. 2022;(291):110561. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110561>
- Croft R.D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. *Annual NY Academic Science*. 1998;(854):435-442.
- Helmja K., Vaher M., Gorbatsova J., Kaljurand M. Characterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by capillary electrophoresis. *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem*. 2007;56(4):172-186.
- Khandaker L., Ali Md.B., Oba S. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. *J. Japan. Soc. Hort. Sci*. 2008;7(4):395-401.
- Mondal K., Sharma N.S., Malhotra S.P., Dhawan K., Singh R. Antioxidant systems in ripening tomato fruits. *Biologia Plantarum*. 2004;48(1):49-53. DOI:10.1023/B:BIOP.0000024274.43874.5b
- Zhu F., Wen W., Cheng J., Fernie A.R. The metabolic changes that effect fruit quality during tomato fruit ripening. *Molecular Horticulture*. 2002;(2):2. DOI:10.1186/s43897-022-00024-1
- Brashlyanova B., Pevicharova G. Effects of cold storage and ripening on antioxidant components in tomatoes. *Book in Acta Horticulturae*. 2009;(830):349-353. DOI:10.17660/ActaHortic.2009.830.49
- Wrzodak A., Gajewski M. Effect of 1-MCP treatment on storage potential of tomato fruit. *Journal of Horticultural Research*. 2015;23(2):121-126. DOI:10.2478/johr-2015-0023
- Wrzodak A., Adamicki F., Gajewski M. Effect of 1-methylcyclopropene on postharvest quality of Tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during storage. *Acta Hort*. 2015;(1071):211-218 DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.23

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-78-82>
УДК 635.652.2:(631.559+581.19)(470.311)

А.А. Антошкин*, А.В. Молчанова,
А.М. Смирнова

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
центр овощеводства»
143072, Россия, Московская обл., Одинцовский
р-н, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки: aa_antoshkin@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. А.А. Антошкин разработал схему
селекционной части работы и план исследова-
ния. А.М. Смирнова провела гибридизацию,
получила перспективный селекционный
материал, предоставила его для исследования.
А.А. Антошкин и А.В. Молчанова провели иссле-
дование, получили и проанализировали резуль-
таты. А.А. Антошкин и А.В. Молчанова написали
статью. Все авторы рассмотрели и одобрили это
заключение.

Для цитирования: Антошкин А.А., Молчанова
А.В., Смирнова А.М. Урожайность и биохимиче-
ский состав сортов фасоли овощной (*Phaseolus*
vulgaris L.) в условиях Московской области.
Овощи России. 2022;(6):78-82.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-78-82>

Поступила в редакцию: 08.11.2022

Принята к печати: 22.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Alexander A. Antoshkin*, Anna V. Molchanova,
Anna M. Smirnova

Federal State Budgetary Scientific Institution
“Federal Scientific Vegetable Center”
14, Selektsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo dis-
trict, Moscow region, Russia, 143072

*Correspondence: aa_antoshkin@mail.ru

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

Author contributions. A.A. Antoshkin developed the
scheme of the breeding part of the work and the
research plan. A.M. Smirnova conducted hybridiza-
tion, obtained promising breeding material, and pro-
vided it for research. A.A. Antoshkin and A.V.
Molchanova conducted research, received and ana-
lyzed the results. A.A. Antoshkin and A.V.
Molchanova wrote an article. All of the authors
reviewed and approved the report.

For citations: Antoshkin A.A., Molchanova A.V.,
Smirnova A.M. Biochemical content and yield of
some cultivars of green bean (*Phaseolus vulgaris*
L.) under Moscow region conditions. *Vegetable*
crops of Russia. 2022;(6):78-82. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-78-82>

Received: 08.11.2022

Accepted for publication: 22.11.2022

Published: 02.12.2022

Урожайность и биохимический состав сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) в условиях Московской области



Резюме

Актуальность. Увеличение спроса в России на сорта фасоли отечественной селек-
ции стимулировало в Федеральном научном центре овощеводства активизацию
исследований по созданию новых спаржевых сортов овощного направления.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили четыре сорта
фасоли овощной – Секунда, Лика, Ульяша, Си Бемоль лаборатории селекции и
семеноводства овощных бобовых культур Федерального научного центра овоще-
водства. Учеты и наблюдения проводили по Методике Государственного сортоис-
пытания сельскохозяйственных культур, 1975 г. Учет продуктивности (урожайно-
сти) бобов проводили в начале технической стадии спелости по повторностям.
Уборку урожая проводили при достижении биологической стадии спелости.
Биохимические исследования растений проводили в лабораторно-аналитическом
отделе ФГБНУ ФНЦО. Был изучен биохимический состав бобов сортов фасоли
овощной по следующим показателям: определение суммарного содержания водо-
растворимых антиоксидантов, аскорбиновой кислоты, сухого вещества, полифе-
нолов, моносахаров, суммы сахаров и крахмала.

Результаты. Оценка образцов по совокупности факторов способствует отбору
наиболее перспективных и высококачественных сортов для их внедрения в про-
изводство. В результате проведенных исследований фасоли овощной по основ-
ным хозяйственно ценным признакам и биохимическому составу за период с 2018
по 2020 годы выделены сорта Лика и Ульяша. Они отличались высокой продуктив-
ностью бобов и семян. Спаржевый сорт Лика отмечен наибольшим содержанием
суммы водорастворимых антиоксидантов, аскорбиновой кислоты и суммы саха-
ров, сорт типа “лобио” Ульяша – высоким содержанием полифенолов и суммы
антиоксидантов в спиртовом экстракте. Стабильно высокая урожайность, адап-
тивный потенциал и высокое качество бобов, подтвержденное результатами би-
охимической оценки, позволяют рекомендовать эти сорта для потребления насе-
лением в рамках диетического питания и как альтернативу мясомолочной продук-
ции.

Ключевые слова: фасоль овощная, урожайность, сухое вещество, моносахара,
крахмал, антиоксиданты, аскорбиновая кислота, полифенолы.

Biochemical content and yield of some cultivars of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Moscow region conditions

Abstract

Relevance. Increased demand in Russia for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) vari-
eties of domestic breeding has stimulated the Federal Scientific Vegetable Center of
breeding to intensify research on the creation of new asparagus bean varieties of veg-
etable direction.

Materials and methods. Four vegetable bean varieties – Secunda, Lika, Ulyasha, Si Bemol
of the laboratory of selection and seed production of vegetable Legume crops of the
Federal Scientific Vegetable Center were used as the material for the study. The counts
and observations were made according to the Methodology of the State Variety Trial of
Agricultural Crops, 1975. The count of productivity was carried out in the technical stage
of ripeness by replications. Harvesting was carried out when the biological stage of
ripeness was reached. Biochemical studies of plants were carried out in the laboratory-
analytical department of the FSBSI FSVS. The biochemical composition of vegetable bean
(green bean) varieties was studied according to the following indicators: determination of
the total content of water-soluble antioxidants, ascorbic acid, dry matter, polyphenols,
monosaccharides, total sugar content and starch.

Results. Evaluation of samples by aggregate factors contributes to the selection of the
most promising and high-quality varieties for their introduction into production. As a
result of the research of vegetable bean on the main economically valuable features and
biochemical composition for the period from 2018 to 2020, the varieties Lika and Ulyasha
were selected. They were distinguished by high productivity of beans and seeds. Green
bean variety Lika was noted for the highest total content of water-soluble antioxidants,
ascorbic acid and the total of sugars content, the green bean variety “lobio” Ulyasha -
high content of polyphenols and the total of antioxidants in the alcohol extract. Stable
high yield, adaptive potential and high quality of beans, confirmed by the results of bio-
chemical evaluation, allow us to recommend these varieties for consumption by the pop-
ulation as part of the diet and as an alternative to meat and dairy products.

Keywords: green bean, productivity, dry matter, monosaccharides, starch, antioxidants,
ascorbic acid, polyphenols.

Введение

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) широко известна и популярна на всех континентах земного шара. Эта культура играет важную роль в вопросе снижения дефицита обеспечения человека полноценным белком при питании [1, 2]. В связи с увеличением спроса в России на сорта фасоли спаржевой, универсальной и зерновой отечественной селекции для приготовления консервов и использования в кулинарии в Федеральном научном центре овощеводства усилены исследования по оценке качества сортов фасоли овощной [3, 4].

Селекционная работа лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур проводится в тесной координации с филиалами ФГБНУ ФНЦО, ее результаты должны обеспечить сочетание необходимых признаков и показателей: стабильно высокая урожайность и качество товарной продукции, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам среды, пригодность для механизированной уборки, светлая окраска семян. Кроме того, важным требованием к создаваемым сортам является раннеспелость и холодостойкость, позволяющие формировать товарную продукцию в условиях относительно короткого и нежаркого летнего периода, а также обеспечить возможность создания конвейера поступления зеленых бобов достаточно продолжительное время в условиях ЦНЗ РФ [5, 6].

Одним из важнейших факторов, влияющим на интенсификацию производства в сельском хозяйстве, является совершенствование существующих и создание новых сортов с высоким качеством продукции на основе эффективных методов селекции и использовании разнообразия исходного материала [7, 8]. Доктрина продовольственной безопасности РФ от 21.01.2020 г. №20 предусматривает «...обеспечение продовольственной безопасности независимо от изменений внешних и внутренних условий...». Этого можно добиться благодаря «...развитию фундаментальных и прикладных научных исследований в области сельского хозяйства для разработки новых видов, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур...» [9].

Основными причинами, препятствующими широкому распространению, а иногда даже снижению существующих посевных площадей фасоли овощной, являются: зачастую отсутствие генотипов, устойчивых к наиболее вредоносным болезням и вредителям, форм с высоким адаптивным потенциалом, низкая пригодность сортов к промышленному выращиванию. В связи с этим чаще всего фасоль выращивают на приусадебных участках и мелких крестьянско-фермерских хозяйствах. Другая, не менее значимая причина, препятствующая промышленному выращива-

нию фасоли, – высокие стартовые инвестиционные вложения в развитие инфраструктуры хозяйств (полив, дорогостоящие сеялки, уборочные комбайны) или высокие затраты при ручном возделывании фасоли. Именно с этим связан факт размещения основных площадей выращивания фасоли овощной в странах с низкой стоимостью трудовых ресурсов [10]. Научно обоснованная селекционная работа по овощным бобовым культурам в Российской Федерации была начата в 1920 году – с момента организации старейшего научного учреждения – Грибовской овощной селекционно-опытной станции. Научные исследования в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО, ранее ВНИИССОК) в настоящее время проводятся в тесной координации с филиалами и направлены на разработку теоретических и методических основ создания исходного материала бобовых культур с качественно новыми хозяйственно ценными, генетически обусловленными признаками, стабильно высокой урожайностью, с оптимальным соотношением элементов биохимического состава (качеством продукции), с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды [11].

Материалы и методы исследований

Material and methods

Материалом для оценки по основным хозяйственно ценным признакам и качеству зеленых бобов послужили четыре сорта фасоли овощной – Секунда, Лика, Ульяша, Си Бемоль (рисунки 1-4) лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур ФГБНУ ФНЦО, на опытных участках которого проводили исследования в 2018-2020 годах. Почвы опытного поля – дерново-подзолистые и тяжелосуглинистые. В целом агроклиматические условия во время проведения опытов были достаточно благоприятны для роста и развития растений фасоли овощной, однако, по сравнению со средними многолетними данными, значительно различались как по режиму температуры, так и по количеству осадков. Посев производился в III декаде мая, в начале июня уже наблюдались массовые всходы.

Секунда. Раннеспелый (3 группа) полусахарный сорт, период от полных всходов до начала технической спелости 46-54 суток. Растение кустовое, высотой 32-38 см, стебель зеленый со светло-коричневым оттенком и опушением. Бобы прямые, длиной 7,5-8,5 см, шириной 0,8-0,9 см, густоопушенные с клювиком средней длины, четырех-шестисемянные (4-6), без пергаментного слоя и волокна в начале технической спелости. К биологиче-



Рис. 1. Фасоль овощная, сорт Секунда
Fig. 1. Green bean cv. Sekunda



Рис. 2. Фасоль овощная, сорт Лика
Fig. 2. Green bean cv. Lika



Рис. 3. Фасоль овощная, сорт Ульяша
Fig. 3. Green bean cv. Ulyasha



Рис. 4. Фасоль овощная, сорт Си Бемоль
Fig. 4. Green bean cv. Si Bemol

ской спелости возможно образование волокна. На растении в среднем 8, потенциально – до 16 бобов, высота прикрепления нижних бобов 12-15 см. Товарная урожайность бобов 7,8-12,5 т/га.

Лика. Группа спелости – от среднераннего до среднеспелого (4-5 группа), сорт сахарный. Период от полных всходов до начала технической спелости 51-58 суток. Растение кустовое, высотой 35-40 см. Бобы в технической спелости – зеленые, прямые, без пергаментного слоя и волокна, длиной 15-17 см, шириной 0,9-1,0 см, верхушка заостренная с клювиком средней длины. Высота прикрепления нижних бобов 16-20 см. Вкусовые качества продукции хорошие. Товарная урожайность бобов в среднем 12,5-15,5 т/га, потенциальная – до 19 т/га.

Ульяша. Среднеспелый сахарный сорт (5 группа). Период от полных всходов до технической спелости бобов 54-60 суток. Растение кустовое, высотой 45-50 см. Бобы в технической спелости – зеленые, прямые, плоские, без пергаментного слоя и волокна, длиной 12-18 см, шириной 1,6-2,3 см, толщиной 0,7-1,1 см. Высота прикрепления нижних бобов 17-20 см. Вкусовые качества продукции хорошие. Товарная урожайность бобов – 10-12 т/га.

Си Бемоль. Среднеспелый сорт универсального типа (5 группа). Растение кустовое, высотой 40-50 см. Бобы в технической спелости – светло-зеленые, слабоизогнутые, плоские, без пергаментного слоя и волокна, длиной 9-15 см, шириной 1,0-1,4 см, толщиной 0,7-1,0 см. К биологической спелости возможно образование пергаментного слоя.

Семена образцов в конкурсном, предварительном сортоиспытании, контрольном питомнике и первичном семеноводстве (размножение) высевали механизировано, семенной сеялкой Winterstiger plodseed XL; семена образцов в коллекции, гибридном и селекционном питомниках – Winterstiger rowseed S. Оцениваемые в опыте сорта (Секунда, Лика, Ульяша, Си Бемоль) относятся к детерминантной группе, их посев проводился трехстрочно, с междурядьем 35 или 45 см. Норма высева составляла 30-35 шт./м², площадь делянки 10 м², повторность четырехкратная, размещение делянок рендомизированное. Необходимое описание и оценку вегетирующих растений фасоли овощной в коллекционном, гибридном и селекционном питомниках проводили на основе Международного классификатора СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L., 1985 года [12,13]. Учеты и наблюдения в предварительном и контрольном сортоиспытании, питомниках размножения проводили по Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14].

Учет продуктивности (урожайности) проводили в технической стадии спелости по метровкам (1 м²) вручную, в каждой из повторностей оцениваемого сортообразца, при необходимости пересчитывали на 1 га. Уборку урожая проводили при достижении биологической стадии спелости двумя способами: первый – ручная уборка с дозариванием на напольной сушилке и обмо-

лом пучковой молотилкой Winterstiger LD 350; второй – уборка и дозаривание в полевых условиях с дальнейшим обмолотом селекционным комбайном Winterstiger classic [14,15,16].

Биохимические исследования растений проводили в лабораторно-аналитическом отделе ФГБНУ ФНЦО. При проведении биохимических исследований отбирали среднюю пробу надземной массы с 30 растений. Был изучен биохимический состав бобов сортов фасоли овощной по следующим показателям: определение суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов – по методу Максимова и др., [17], стандартом являлась аскорбиновая и галловая кислоты; содержание аскорбиновой кислоты – по методике Сапожниковой, Дорофеевой [18]. Содержание сухого вещества – методом высушивания навески до постоянного веса [19]. Определение моносахаров, суммы сахаров и крахмала в образцах фасоли проводили цианидным методом [20].

Содержание полифенолов определяли с помощью спектрофотометра с использованием реактива Фолина-Чиокалтеу [21] в спиртовых экстрактах высушенных бобов фасоли овощной (70%-ный этанол, нагревание до 80°C в течение 1 часа). В качестве стандарта использовали галловую кислоту. Результаты исследований выражали в мг-экв. галловой кислоты/г сухой массы.

Содержание суммы антиоксидантов определяли титрованием 1 мл 0,05 Н раствора KMnO₄ в среде 0,24 М H₂SO₄ анализируемым раствором (спиртовым экстрактом высушенных бобов фасоли овощной) до обесцвечивания раствора перманганата [21,22]. В качестве стандарта использовали галловую кислоту. Результаты исследований выражали в мг-экв. галловой кислоты/г сухой массы.

Результаты исследований и обсуждение

Results and discussion

С 2018 по 2020 годы проводилась адаптивная оценка сортов фасоли овощной по основным хозяйственно ценным признакам в полевых питомниках Московской области (п. ВНИИССОК) и качеству зеленой продукции (биохимическим показателям). В качестве стандарта применяли сорт фасоли овощной Секунда.

По результатам оценки по признакам “число бобов на растении” и “продуктивность бобов” сорт Лика достоверно превышал стандарт Секунда на 3,4 шт./раст. и 9,7 г/раст., соответственно, (табл. 1). Сорт Ульяша также значительно превысил стандарт по признаку “продуктивность бобов” – на 2,6 г/раст. Сорта Лика и Ульяша достоверно превысили стандарт по “урожайности бобов” на 2,9 т/га и 1,3 т/га, соответственно и семенной урожайности на 0,29 т/га и 0,48 т/га, соответственно.

Проведенная биохимическая оценка сортов фасоли овощной показала, что по содержанию аскорбиновой кислоты и сумме водорастворимых антиоксидантов сорт Лика существенно превысил как стандартный образец, так и другие сорта в 1,5 и 1,4 раза, соответственно (табл. 2).

Таблица 1. Оценка по морфологическим и хозяйственно ценным признакам сортов фасоли овощной, 2018-2020 годы
Table 1. Estimation according to morphological and economic characteristics of green beans, 2018-2020

Сорт	Густота стояния растений, шт./м ²	Число бобов, шт./раст.	Продуктивность бобов, г/раст.	Урожайность бобов, т/га	Урожайность семян, т/га
St Секунда	33,8±0,7	10,2±1,1	43,5	12,5	2,63
Лика	33,2±0,8	13,6±1,6	53,2	15,4	2,92
Ульяша	32,7±0,6	8,9±1,2	46,1	13,8	3,11
Си Бемоль	32,5±0,5	7,9±1,0	43,4	12,7	2,81
НСР ₀₅			2,4	1,1	0,21

Таблица 2. Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (мг-экв АК/г сыр. м.) и аскорбиновой кислоты (мг%) в лопатке фасоли овощной, 2018-2020 годы
Table 2. Content of the total water-soluble antioxidants and ascorbic acid in green bean, 2018-2020

Сорт	Аскорбиновая кислота, мг%	Суммарное содержание антиоксидантов, мг-экв. АК/г
St Секунда	9,68±0,26 b	4,72±0,11 b
Лика	13,20±0,32 a	6,37±0,13 a
Ульяша	9,68±0,26 b	3,20±0,07 c
Си Бемоль	9,68±0,26 b	4,73±0,11 b

Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
 Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

В то же время, у сорта Ульяша отмечено существенное снижение содержания суммы водорастворимых антиоксидантов по сравнению с сортом Лика в 2 раза и в 1,5 раза в сравнении с контрольным сортом.

Содержание сухого вещества в технической стадии спелости было сравнимым у всех сортов опыта, и только для сорта Ульяша была выявлена тенденция к снижению этого показателя (рис. 5).

Количество крахмала также было сравнимым у всех сортов фасоли овощной, за исключением сорта Лика, в котором было отмечено достоверное снижение этого показателя в 1,2 раза в связи с более продолжительным превращением сахаров в крахмал при созревании бобов (рис. 6) [23,24].

Содержание моносахаров у сорта Лика также снижалось по сравнению с другими сортами в 1,2 раза, тогда как по показателю суммы сахаров наименьшее значение было показано для стандартного сорта Секунда – в 1,2 раза ниже других изученных сортов (рис. 7).

Содержание полифенолов наибольшим было у сорта Ульяша – 18,41 мг-экв ГК/г (рис. 8). Другие сорта по количеству полифенолов достоверно не отличались – 16,19...16,89 мг-экв ГК/г сух. м. Тогда как по сумме антиоксидантов был выявлен разброс данных от 21,94 мг-экв ГК/г у сорта Ульяша до 15,91 мг-экв ГК/г сух. м. у сорта Си Бемоль.

Заключение

Conclusions

Оценка образцов по совокупности факторов способствует отбору наиболее перспективных и высококачественных сортов для их внедрения в производство. В результате проведенных исследований фасоли овощной по основным хозяйственно ценным признакам и биохимическому составу за период с 2018 по 2020 годы выделены сорта Лика и Ульяша. Они отличались высокой продуктивностью бобов и семян. Спаржевый сорт Лика отмечен наибольшим содержанием суммы водорастворимых антиоксидантов, аскорбиновой кислоты и суммы сахаров, сорт типа “лобио” Ульяша – высоким содержанием полифенолов и суммы антиоксидантов в спиртовом экстракте. Стабильно высокая урожайность, адаптивный потенциал и высокое качество бобов, подтвержденное результатами биохимической оценки, позволяют рекомендовать эти сорта для потребления населением в рамках диетического питания и как альтернативу мясомолочной продукции.

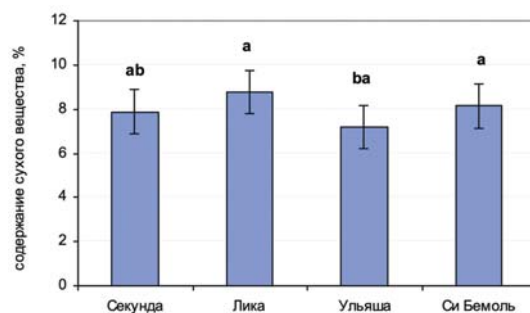


Рис. 5. Содержание сухого вещества (%) в лопатке фасоли овощной. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
Fig. 5. Dry matter content in green bean. Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

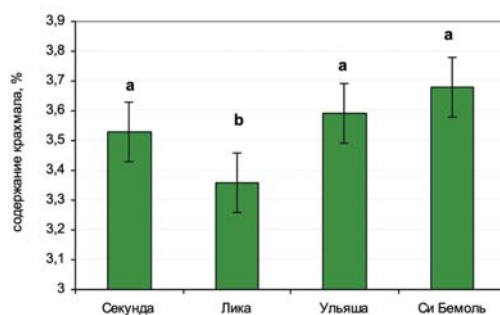


Рис. 6. Содержание крахмала (%) в лопатке фасоли овощной. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
Fig. 6. Starch content in green bean. Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

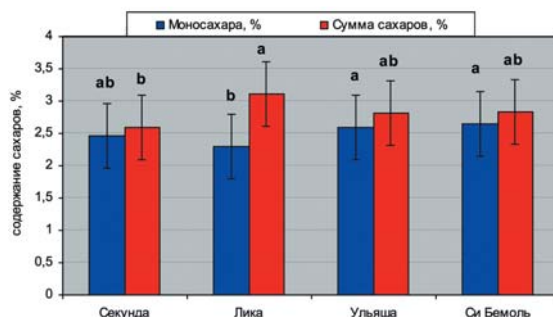


Рис. 7. Содержание моносахаров (%) и суммы сахаров (%) в лопатке фасоли овощной. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
Fig. 7. Content of monosaccharides and total sugar content in green bean. Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

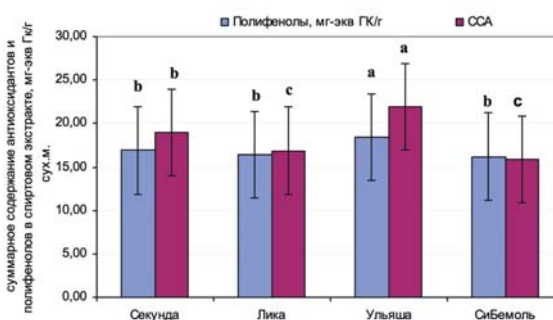


Рис. 8. Содержание полифенолов и суммарное содержание антиоксидантов (спиртовой экстракт) в лопатке фасоли овощной. Значения с одинаковыми буквами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0,05$
Fig. 8. Polyphenol content and the total antioxidant content in green bean. Values with similar letters do not differ statistically according to Duncan's test at $p < 0.05$

Об авторах:

Александр Александрович Антошкин – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0002-3534-2727>, автор для переписки, aa_antoshkin@mail.ru

Анна Владимировна Молчанова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник Лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka_ks@rambler.ru

Анна Михайловна Смирнова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0002-4619-5937>

About the Authors:

Alexander A. Antoshkin – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of Laboratory of breeding and seed production of Fabaceae crops, <https://orcid.org/0000-0002-3534-2727>, Correspondence Author, aa_antoshkin@mail.ru

Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Analytical department, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka_ks@rambler.ru

Anna M. Smirnova – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of Laboratory of breeding and seed production of Fabaceae crops, <https://orcid.org/0000-0002-4619-5937>

• Литература

- De Ron M. (ed.). Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding 10. DOI: 10.1007/978-1-4939-2797-5.
- Broughton W.J., Hernandez G., Blair M., Beebe S., Gepts P., Vanderleyden J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*. 2003;(252):55–128.
- Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Коцюбинская О.А., Бондаренко Н.А., Уфимцева С.В. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут). *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2019;(133):157–167.
- Филимонова Ю.А. Оценка коллекционных образцов фасоли овощной по химическому составу в условиях Западной предгорной зоны Северного Кавказа. Гавриш. 2006;(5):17–19.
- Паркина О.В., Гончаров Н.П., Якубенко О.Е. Выбор сортов фасоли овощной для разработки конвейера сырья в условиях лесостепи Приобья. *ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОЙ АГРАРНОЙ НАУКИ: сборник национальной (Всероссийской) научной конференции. – ИЦ «Золотой колос»*. 2018. С. 56–60.
- Kozar E.G., Engalycheva I.A., Antoshkin A.A., Smirnova A.M. Search sources of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) resistance to virus diseases in the Moscow region. *International congress on oil and protein crops. Meeting of the EUCARPIA oil and protein crops section*. Chisinau, 2018. P.137–138.
- Горбатовский А. Сущность, факторы и принципы интенсификации сельскохозяйственного производства в новых условиях хозяйствования. *Аграрная экономика*. Минск: Белорусская наука, 2017. С.19–29.
- Alladassi M.E., Nkaludo S., Mukankusi C., [et. al.] 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.
- Указ Президента РФ от 21.01.2020 №20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
- Казыдуб Н.Г. Селекция и семеноводство фасоли в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Тюмень, 2013. 296.
- Антон Ш., Смирнова А.М., Антошкин А.А. Оценка коллекционных образцов фасоли овощной по хозяйственно ценным признакам в условиях Московской области. *Овощи России*. 2018;(5):43–46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-43-46>
- Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. ВИР, 1985, 45.
- Корсаков Н.И., Адамова О.А., Будакова В.И. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л.: ВИР. 1975. 59 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 4: Картофель, овощные и бахчевые культуры. Разраб. акад. ВАСХНИЛ Д. Д. Брежнев, агр., кандидаты с.-х. наук В. А. Бакулина и Н. К. Давидич [и др.]. 1975. 182 с.
- Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351с.
- Lazarev A.M. Legume bacteriosis and control measures (guidelines). SPB: VIZR, 2006.
- Maksimova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamastsev A.P. Method for determining antioxidant activity. Patents of invention RU 2170930 C1 (2001).
- Sapozhnikov E.V., Dorofeeva L.S. The method of estimate of ascorbic acid by iodimetric titrimetry in color plant extracts. *Canning and dry industry*. 1966;(5):63–67.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.А., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимических исследований. Л., Агропромиздат. 1987. 430 с.
- Определение сахаров в овощах, ягодах и плодах. Цианидный метод определения сахаров в растениях. Практикум по агрохимии, под ред. Кидина В.В. Москва, изд-во «Колос». 2008. С.236–240.
- Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. 2020. Серия Научная мысль. 181 с.
- Apak R., Gorinstein S., Böhm V., Schaich K.M., Özyürek M., Güçlü K. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity. *Activity (IUPAC Technical Report)*. *Pure Appl. Chem.* 2013;85(5):957–998.
- Казыдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коцюбинская О.А. Урожайность и химический состав зеленых бобов сортов фасоли овощной селекции Омского ГАУ в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Овощи России*. 2017;(2):50–54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-50-54>
- Yoshida H., Tomiyama Y., Kita S., Mizushima Y. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2005;107(5):307–315.

• References

- De Ron M. (ed.). Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding 10. DOI: 10.1007/978-1-4939-2797-5.
- Broughton W.J., Hernandez G., Blair M., Beebe S., Gepts P., Vanderleyden J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*. 2003;(252):55–128.
- Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Kotsyubinskaya O.A., Bondarenko N.A., Ufimtseva S.V. Leguminous crops in the structure of functional nutrition (grain and vegetable beans, vegetable peas, chickpeas). *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2019;(133):157–167. (In Russ.)
- Filimonova Yu.A. Evaluation of collection samples of vegetable beans by chemical composition in the conditions of the Western foothill zone of the North Caucasus. Gavrish. 2006;(5):17–19. (In Russ.)
- Parkina O.V., Goncharov N.P., Yakubenko O.E. The choice of vegetable bean varieties for the development of a raw material conveyor in the conditions of the forest-steppe of Ob region. *THEORY AND PRACTICE OF MODERN AGRARIAN SCIENCE: a collection of the national (All-Russian) scientific conference. – IC “Golden Ear”*. 2018. P.56–60. (In Russ.)
- Kozar E.G., Engalycheva I.A., Antoshkin A.A., Smirnova A.M. Search sources of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) resistance to virus diseases in the Moscow region. *International congress on oil and protein crops. Meeting of the EUCARPIA oil and protein crops section*. Chisinau, 2018. P.137–138.
- Gorbatovsky A. Essence, factors and principles of intensification of agricultural production in the new economic conditions. *Agrarian economy. Minsk: Belarusian Science*, 2017. P. 19–29. (In Russ.)
- Alladassi M.E., Nkaludo S., Mukankusi C., [et. al.] 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.
- Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 № 20 “On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation”.
- Kazydub N.G. Breeding and seed production of beans in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia. Tyumen, 2013. 296. (In Russ.)
- Anton S., Smirnova A.M., Antoshkin A.A. Evaluation of collection samples of vegetable beans (*phaseolus vulgaris* L.) for economically valuable grounds in the conditions of the Moscow region. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):43–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-43-46>
- International CMEA classifier of cultivated species of the genus *Phaseolus* L. VIR, 1985. 45 p. (In Russ.)
- Korsakov N.I., Adamova O.A., Budakova V.I. Guidelines for the study of the collection legumes cultures. L.: All-Russian Research Institute of Plant Industry. 1975. 59 p. (In Russ.)
- Methods of state variety testing of agricultural crop. Issue. 4: Potatoes, vegetables and gourds. 1975. 182 p. (In Russ.)
- Dospichov B.A. Method of field experience. M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.)
- Lazarev A.M. Legume bacteriosis and control measures (guidelines). SPB: VIZR, 2006.
- Maksimova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamastsev A.P. Method for determining antioxidant activity. Patents of invention RU 2170930 C1 (2001). (In Russ.)
- Sapozhnikov E.V., Dorofeeva L.S. The method of estimate of ascorbic acid by iodimetric titrimetry in color plant extracts. *Canning and dry industry*. 1966;(5):63–67. (In Russ.)
- Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruansky U.A., Lukonnikova G.A., Ikonnikova M.I. Methods of biochemical research. L., Agropromizdat. 1987. 430 p. (In Russ.)
- Determination of sugars in vegetables, berries and fruits. Cyanide method of determination of sugars in plants. Practicum on agrochemistry, ed. by V.V. Kidin. Moscow, publishing house “Kolos”. 2008. P.236–240. (In Russ.)
- Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants Antioxidants and methods for their determination. 2020. 181 p. (In Russ.)
- Apak R., Gorinstein S., Böhm V., Schaich K. M., Özyürek M., Güçlü K. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity. *Activity (IUPAC Technical Report)*. *Pure Appl. Chem.* 2013;85(5):957–998.
- Kazydub N.G., Marakaeva T.V., Kotsyubinskaya O.A. Yield capacity and chemical composition of green beans in cultivars of kidney bean bred at Omsk agrarian university in the south forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(2):50–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-50-54>
- Yoshida H., Tomiyama Y., Kita S., Mizushima Y. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2005;107(5):307–315.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-83-89>
УДК 634.75:631.893

С.В. Акимова*, А.Е. Мацнева*,
Л.А. Марченко*, А.В. Соловьев,
А.В. Зубков, А.Е. Буланов, Д.С. Аркаев

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. Тимирязева, д.55

*Авторы для переписки: akimova@rgau-msha.ru,
matsneva@rgau-msha.ru,
l.marchenko@rgau-msha.ru

Финансирование: Данное исследование финансировалось программой развития Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева «Агропрорыв-2030» в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» (№ 075-15-2021-1160).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов: Существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных или анализ и интерпретацию данных. С.В. Акимова, А.Е. Мацнева, Д.С. Аркаев, А.Е. Буланов. Подготовка статьи и ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания. С.В. Акимова, Л.А. Марченко, А.В. Зубков. Окончательное одобрение варианта статьи для опубликования С.В. Акимова, А.В. Соловьев.

Для цитирования: Акимова С.В., Мацнева А.Е., Марченко Л.А., Соловьев А.В., Зубков А.В., Буланов А.Е., Аркаев Д.С. Применение удобрений пролонгированного действия при выращивании рассады земляники садовой. *Овощи России*. 2022;(6):83-89. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-83-89>

Поступила в редакцию: 26.10.2022

Принята к печати: 10.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Svetlana V. Akimova*, Anna E. Matsneva*,
Liudmila A. Marchenko*, Alexandr V. Solovoyov,
Alexandr V. Zubkov, Alexandr E. Bulanov,
Dmitriy S. Arkaev

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
55, Timiryazevskaya street,
Moscow, 127550, Russia

*Correspondence Author: akimova@rgau-msha.ru,
matsneva@rgau-msha.ru,
l.marchenko@rgau-msha.ru

Funding. This research was funded by the program of development of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy "Agroprov-2030" during the strategic academic leadership program "Priority-2030" (№ 075-15-2021-1160).

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: Significant contributions to study design and design, data collection, or data analysis and interpretation Akimova S.V., Matsneva A.E., Arkaev D.S., Bulanov A.E. Preparation of the article and its critical revision in terms of significant intellectual content Akimova S.V., Marchenko L.A., Zubkov A.V. Final approval of the article version for publication Akimova S.V., Solovoyov A.V.

For citations: Akimova S.V., Matsneva A.E., Marchenko L.A., Solovoyov A.V., Zubkov A.V., Bulanov A.E., Arkaev D.S. Use of prolonged-acting fertilizers in growing garden strawberry seedlings. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):83-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-83-89>

Received: 26.10.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Published: 02.12.2022

Применение удобрений пролонгированного действия при выращивании рассады земляники садовой



Резюме

Актуальность. В настоящее время в Российской Федерации существует высокая потребность в оздоровленном посадочном материале земляники садовой. Преимущество применения удобрений при выращивании рассады земляники были доказаны многочисленными исследованиями. Однако сравнительное изучение действия влияния новых удобрений и методов их применения очень ограничено. В связи с этим, исследования направленные на выявление эффективности использования удобрений пролонгированного действия при производстве посадочного материала земляники садовой в условиях защищенного грунта являются актуальными.

Методы. Адаптированные к нестерильным условиям оздоровленные *ex vitro* растения земляники садовой высаживали в торфяной субстрат компании ООО Велторф (рецепт № 5с/2) с добавлением стартового удобрения Pg mix со структурой NPK 14-16-18 – микроэлементы (1,5 г/л субстрата). При этом в состав субстрата вводили удобрения пролонгированного действия в рекомендованных концентрациях FertiPro Gran 1M (1,25 г/л субстрата), Ruscote 5-6M (3,0 г/л субстрата), Basacote Plus 6M (4,0 г/л субстрата), контроль торфяной субстрат без удобрений, эталон PG mix.

Результаты. Установлено, что для сорта Karmen со средней усообразовательной способностью выявлена эффективность внесения в субстрат удобрения FertiPro Gran 1M, при применении которого на 180 сутки выращивания в 3,5-3,8 раз увеличивается количество усов и розеток по сравнению с контролем и при этом выход товарной рассады составляет 95 % по сравнению с 70% в контроле. Для сорта Jünija smajds с высокой усообразовательной способностью выявлена эффективность всех опытных вариантов с внесением в субстрат удобрений FertiPro Gran 1M, Ruscote и Basacote Plus при применении которых на 180 сутки выращивания в 1,9-2,5 раза увеличивается количество усов и розеток по сравнению с контролем и при этом выход товарной рассады составляет 94-96% по сравнению с 65% в контроле.

Заключение. Внесение удобрений пролонгированного действия FertiPro Gran, Ruscote и Basacote Plus в торфяной субстрат с добавлением стартового удобрения Pg mix позволило 2,3-3,8 раз увеличить количество полученных усов и в 1,9-3,5 раз полученных розеток по сравнению с контролем без удобрений.

Ключевые слова: земляника садовая, рассада, удобрения пролонгированного действия, защищенный грунт

Use of prolonged-acting fertilizers in growing garden strawberry seedlings

Abstract

Timeliness. Currently, the Russian Federation has a high demand in healthy planting material of garden strawberries. The benefits of using fertilizers when growing strawberry seedlings have been proven by numerous studies. However, a comparative study of the effect of new fertilizers and methods of their application is very limited. In this regard, studies aimed at identifying the effectiveness of the use of prolonged-acting fertilizers in the production of garden strawberry planting material in protected soil conditions are relevant.

Methods. Adapted to non-sterile conditions, *ex vitro* healthy garden strawberry plants were planted in a peat substrate of Veltorf LLC (recipe No. 5с/2) with the addition of Pg mix starter fertilizer with the structure NPK 14-16-18 + microelements (1.5 g/l of substrate). At the same time, prolonged-acting fertilizers were introduced into the substrate in the recommended concentrations: FertiPro Gran 1M (1.25 g/l of substrate), Ruscote 5-6M (3.0 g/l of substrate), Basacote Plus 6M (4.0 g/l of substrate), control peat substrate without fertilizers, PG mix standard.

Results. It has been established that for the Karmen crop with an average runner-forming ability, the effectiveness of applying FertiPro Gran 1M fertilizer to the substrate was revealed, with the use of which, on the 180th day of cultivation, the number of runners and rosettes increases by 3.5–3.8 times compared to the control. At the same time, the yield of marketable seedlings is 95% compared to 70% in the control. For the Jünija smajds crop with a high vine-forming ability, the effectiveness of all experimental variants with the application of FertiPro Gran 1M, Ruscote and Basacote Plus fertilizers to the substrate was revealed, with the use of which, on the 180th day of cultivation, the number of runners and rosettes increases by 1.9-2.5 times compared to the control. At the same time, the yield of marketable seedlings is 94-96% compared to 65% in the control.

Conclusion. The introduction of long-acting fertilizers FertiPro Gran, Ruscote and Basacote Plus into the peat substrate with the addition of Pg mix starter fertilizer allowed a 2.3 – 3.8-fold increase in the number of runners obtained and 1.9-3.5-fold increase in the number of sockets obtained compared to the control without fertilizers.

Keywords: garden strawberries, seedlings, prolonged-acting fertilizers, protected soil

Введение

Одним из ключевых направлений обеспечения продовольственной безопасности страны является наращивание производства продукции садоводства – важного источника витаминов и биологически активных веществ [1,2,3].

В условиях интенсивного развития сельскохозяйственного производства, особенно с учетом импортозамещения, направленного на борьбу с последствиями экономических санкционных ограничений требуется ускоренное создание и внедрение отечественных конкурентоспособных технологий по направлению растениеводства. Россия, обладая благоприятными природными условиями и огромным производственным потенциалом, имеет уникальную возможность обеспечить население собственной сельскохозяйственной продукцией, и снять угрозы ее продовольственной безопасности.

Государственная поддержка производителей, направленная на увеличение закладки производственных площадей под садами и ягодниками привела к положительной динамике развития сектора. Главной причиной медленного внедрения в промышленное производство новых отечественных сортов ягодных культур является отсутствие в достаточном количестве сертифицированного посадочного материала [4,5,6].

Мировой опыт по совершенствованию технологий в питомниководстве свидетельствует о разностороннем подходе в поиске методов, сочетающих высокую эффективность размножения и повышение экологической безопасности производства посадочного материала ягодных растений [7,8,9].

Земляника садовая – ведущая ягодная культура во многих регионах Российской Федерации. Несомненными достоинствами земляники является экологическая пластичность, скороплодность, высокая урожайность и товарность плодов [10,11,12]. Однако, недостаточный объем производства высококачественного посадочного материала районированных сортов, необходимость частого обновления производственных насаждений, отсутствие спектра сортов коммерческой направленности, сказываются на сдерживании темпов наращивания промышленных насаждений этой ценной ягодной культуры [13,14,15].

В настоящее время сорта земляники, наряду с высокой урожайностью и адаптивностью к условиям произрастания, должны быть устойчивы к заболеваниям, обладать высокой способностью к хранению и транспортировке. Востребованы крупные, блестящие, ярко окрашенные плоды с плотной мякотью, ароматные, десертного вкуса, пригодные для потребления в свежем виде и для различного вида переработок, зачастую комплексом этих признаков обладают сорта зарубежной селекции многие ряд из которых включены в Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию [16].

Для увеличения объемов производства высококачественного посадочного материала земляники садовой требуется разработка приемов совершенствования условий питания [17,18,19]. Преимущество применения

удобрений при выращивании рассады земляники были доказаны многочисленными исследованиями. Однако сравнительное изучение действия влияния новых удобрений и методов их применения очень ограничено. В связи с этим, исследования направленные на выявление эффективности использования удобрений пролонгированного действия FertiPro, Ruscote и Basacote при производстве посадочного материала земляники садовой в условиях защищенного грунта являются актуальными.

Целью наших исследований было выявление влияния удобрений пролонгированного действия на усообразовательную способность маточных растений и качество получаемых розеток земляники садовой.

Материалы и методы

Исследования проводили в Учебно-научно-производственном центре Садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева.

Объектами исследований служили *ex vitro* растения земляники садовой сортов Jūnija smaids и Karmen, а также удобрения пролонгированного действия FertiPro Gran 1M со структурой NPK 6-6-22 + 6% Fe (срок действия 1 месяц), Ruscote 5-6M со структурой NPK 8-9-23 + 6% MgO + микроэлементы (срок действия 5-6 месяцев)¹ и Basacote Plus 6M со структурой NPK 16-8-12 + микроэлементы (срок действия 6 месяцев)².

Сорт Jūnija smaids получен в Латвийском НИИ земледелия. Неремонтантный сорт раннего срока созревания. Слабо поражается болезнями. Урожайность высокая. Универсальный. Ягода крупная, до 30 г, средняя масса 10-11 г. На государственном сортоиспытании с 1979 года. Включен в государственный реестр в 1990 году по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому и Западно-Сибирскому регионам³.

Сорт Karmen выведен в Чехии. В России начал распространяться с 2001 года и доказал на испытаниях свою пригодность для промышленного возделывания. Неремонтантный сорт среднего срока созревания. Универсальный. Ягоды крупные и очень крупные, тупоконической формы, без шейки, слегка приплюснутые массой до 40 г [20].

Условия эксперимента: стеклянная теплица с обогревом без искусственного освещения; пластиковые контейнеры размером 40×60×20 см на 4 растения; стандартная агротехника выращивания маточных растений, включающая полив, удаление цветоносов, рыхление, раскладку усов, систематическую обработку пестицидами.

Адаптированные к нестерильным условиям оздоровленные *ex vitro* растения земляники садовой высаживали в торфяной субстрат компании ООО Велторф (рецепт № 5с/2) с добавлением стартового удобрения Pg mix со структурой NPK 14-16-18 + микроэлементы (1,5 г/л субстрата). При этом в состав субстрата вводили удобрения пролонгированного действия в рекомендованных концентрациях FertiPro Gran 1M (1,25 г/л субстрата), Ruscote 5-6M (3,0 г/л субстрата), Basacote Plus 6M (4,0

¹ <https://www.floralife.ru/>

² <https://basacot.ru/product/udobrenie-basacote-plus-6m-bazakot-pljus-6m-16-8-12-me-25kg/>

³ <https://reestr.gossortrf.ru/search/vegetable/>

г/л субстрата), контроль торфяной субстрат без удобрений, эталон PG mix.

Учеты и наблюдения за развитием растений осуществляли на 120 и 180 сутки выращивания при этом учитывали среднее количество рожков, усов и розеток на маточных растениях в штуках и выход товарной расады.

Статистическую обработку результатов провели согласно Б.А. Доспехову [21] а также А.В. Исачкину [22] с применением компьютерной программы Microsoft Office Excel 2007, STATISTICA_10.0.1011. Их использование подтвердило подлинность полученных результатов исследований.

Результаты исследований

Результаты, полученные на 120 сутки выращивания маточных растений земляники в условиях защищенного грунта, показали сортовую реакцию на разрабатываемые приёмы. Выявлено, что сорт земляники Karmen

обладает более низкой способностью к образованию рожков, усов и розеток.

В среднем по вариантам количество усов составило $1,3 \pm 0,92 - 2,7 \pm 0,85$ шт., количество розеток – $1,5 \pm 1,19 - 5,4 \pm 1,93$ шт. по сравнению с 0 шт. в контроле. По количеству розеток достоверные различия с эталоном выявлены только в одном варианте с внесением в субстрат удобрения FertiPro Gran, где их количество составило $5,4 \pm 1,93$ шт. по сравнению с $3,0 \pm 2,00$ шт. в эталоне (в контроле 0 шт.) (табл. 1).

При учетах показателей развития маточных растений земляники садовой сорта Jūnija smaids дисперсионный анализ показал существенное влияние удобрений (фактор а) и сорта (фактор b) и их взаимодействия (ab) на показатели количества усов и розеток по сравнению с контролем без удобрений. Достоверные различия с эталоном выявлены в вариантах с применением FertiPro Gran и Basacote Plus при использовании которых среднее количество усов составило $5,9 \pm 2,47 - 6,0 \pm 2,45$ шт. по

Таблица 1. Показатели развития маточных растений земляники садовой при доращивании на субстрате с внесением удобрений пролонгированного действия (120 сутки выращивания)
Table 1. Indicators of the development of mother plants of garden strawberry when growing on a substrate with the application of prolonged-acting fertilizers (120 days of cultivation)

Вид удобрения (фактор А)	Сорт (фактор В)		Среднее по фактору А
	Karmen $\pm$ SD*	Jūnija smaids $\pm$ SD	
Среднее количество рожков на маточном растении, шт.			HCP ₀₅ a = 0,62
Без удобрений (контроль)	1,0 $\pm$ 0,0	1,3 $\pm$ 0,43b	1,2
PG mix (эталон)	2,2 $\pm$ 0,90a,b,ab	1,7 $\pm$ 0,75	2,0
FertiPro Gran 1M	2,2 $\pm$ 0,90	2,3 $\pm$ 0,60b	2,3
Ruscote 5-6M	2,3 $\pm$ 1,01a,b,ab	1,7 $\pm$ 0,75	2,0
Basacote Plus 6M	1,8 $\pm$ 0,43	2,7 $\pm$ 0,94a,b,ab	2,3
Среднее по фактору В HCP ₀₅ b = 0,33	1,9	1,9	
HCP ₀₅ ab = 1,03 для сравнения частных средних			
Среднее количество усов на маточных растениях, шт.			HCP ₀₅ a = 1,23
Без удобрений (контроль)	0	0,6 $\pm$ 0,70	0,3
PG mix (эталон)	2,2 $\pm$ 1,34 a	3,2 $\pm$ 1,40 a,b	2,7
FertiPro Gran 1M	2,7 $\pm$ 0,85 a	6,0 $\pm$ 2,45 a,b,ab	4,4
Ruscote 5-6M	1,3 $\pm$ 0,92 a	3,9 $\pm$ 0,76 a,b,ab	2,6
Basacote Plus 6M	2,3 $\pm$ 1,25 a	5,9 $\pm$ 2,47 a,b,ab	4,1
Среднее по фактору В HCP ₀₅ b = 0,66	2,1	3,9	
HCP ₀₅ ab = 2,07 для сравнения частных средних			
Среднее количество розеток на маточных растениях, шт.			HCP ₀₅ a = 3,10
Без удобрений (контроль)	0	0,9 $\pm$ 1,05	0,5
PG mix (эталон)	3,0 $\pm$ 2,00 a	10,1 $\pm$ 4,09 a,b,ab	6,6
FertiPro Gran 1M	5,4 $\pm$ 1,93 a	19,7 $\pm$ 6,39 a,b,ab	12,6
Ruscote 5-6M	1,5 $\pm$ 1,19	13,2 $\pm$ 3,16 a,b,ab	7,4
Basacote Plus 6M	3,8 $\pm$ 2,51 a	18,8 $\pm$ 6,41 a,b,ab	11,3
Среднее по фактору В b = 1,66	2,7	12,5	
HCP ₀₅ ab = 5,22 для сравнения частных средних			

HCP₀₅ рассчитана при помощи двухфакторного дисперсионного анализа

* результаты выражены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение

** «a,b,ab» - разница между средними с контролем достоверна на основе сравнения разниц между средними с HCP на 5% уровне значимости: «a» - по фактору а (вид удобрения), «b» - по фактору b (сорт), «ab» - при взаимодействии факторов

Таблица 2. Показатели развития маточных растений земляники садовой при доращивании на субстрате с внесением удобрений пролонгированного действия (180 суток выращивания)
Table 2. Indicators of the development of mother plants of garden strawberry when growing on a substrate with the application of prolonged-acting fertilizers (180 days of cultivation)

Вид удобрения (фактор А)	Сорт (фактор В)		Среднее по фактору А
	Karmen ± SD*	Jūnija smaids ± SD	
Среднее количество рожков на маточном растении, шт.			HCP ₀₅ a = 0,99
Без удобрений (контроль)	1,6±0,70	1,5±0,50	1,6
PG mix (эталон)	2,2±0,90	3,8±1,34 a,b	3,0
FertiPro Gran 1M	2,3±0,76	2,5±0,76 a,b	2,2
Ruscote 5-6M	2,8±2,07 a	4,6±1,32 a,b,ab	3,7
Basacote Plus 6M	2,6±1,11 a	3,9±1,26 a,b	3,3
Среднее по фактору В HCP ₀₅ b = 0,53	2,2	3,3	
HCP ₀₅ ab = 1,67 для сравнения частных средних			
Среднее количество усов на маточных растениях, шт.			HCP ₀₅ a = 2,38
Без удобрений (контроль)	2,6±2,50	3,9±1,27 b	3,3
PG mix (эталон)	7,3±2,66 a	7,3±2,17 a	7,3
FertiPro Gran 1M	9,8±1,88 a	9,1±2,66 a	9,5
Ruscote 5-6M	6,5±4,59 a	9,9±3,52 a,b	8,2
Basacote Plus 6M	8,3±2,49 a	9,6±3,28 a,b	9,0
Среднее по фактору В HCP ₀₅ b = 1,27	6,9	8,0	
HCP ₀₅ ab = 4,00 для сравнения частных средних			
Среднее количество розеток на маточных растениях, шт.			HCP ₀₅ a = 6,68
Без удобрений (контроль)	6,9±7,25	13,0±3,84 b	10,0
PG mix (эталон)	18,9±10,02 a	17,8±5,08 a	18,4
FertiPro Gran 1M	24,5±6,49 a	29,1±7,77 a,b	26,8
Ruscote 5-6M	16,5±9,50 a	24,8±10,73 a,b	20,7
Basacote Plus 6M	22,2±7,05 a	24,8±9,50 a	23,5
Среднее по фактору В HCP ₀₅ b = 3,58	17,8	21,9	
HCP ₀₅ ab = 11,24 для сравнения частных средних			

HCP₀₅ рассчитана при помощи двухфакторного дисперсионного анализа

* результаты выражены как среднее значение ± стандартное отклонение

** «a, b, ab» - разница между средними с контролем достоверна на основе сравнения разниц между средними с HCP на 5% уровне значимости: «a» - по фактору, а (вид удобрения), «b» - по фактору b (сорт), «ab» - при взаимодействии факторов

сравнению с 3,2±1,40 шт. в эталоне (в контроле 0,6±0,70 шт.), среднее количество розеток – 18,8±6,41–19,7±6,39 шт. по сравнению с 10,1±4,09 шт. в эталоне (в контроле 0,9±1,05 шт.) (табл. 1).

При учетах на 180 суток выращивания у маточных растений сорта Karmen усообразовательная способность значительно увеличилась и выявлено достоверное влияние всех опытных вариантов на среднее количество усов и розеток по сравнению с контролем без удобрений.

Сохранилось преимущество опытного варианта с FertiPro Gran, при применении которого получены достоверные различия с эталоном по количеству усов

9,8±1,88 шт. по сравнению с 2,6±2,50 шт. в контроле и 7,3±2,66 шт. в эталоне и количеству розеток 24,5±6,49 по сравнению с 6,9±7,25 шт. в контроле и 18,9±10,02 шт. в эталоне. При этом выход товарной рассады составил 95 % по сравнению с 87% в эталоне и 70% в контроле. (табл. 2).

При выращивании рассады сорта Jūnija smaids выявлено достоверное влияние всех опытных вариантов на среднее количество усов и розеток по сравнению не только с контролем без удобрений, но и с эталоном. В среднем количество усов соответственно составило 9,1±2,66–9,6±3,28 шт. по сравнению с 3,9±1,27 шт. в контроле и 7,3±2,17 шт. в эталоне, а количество розеток

– $24,8 \pm 9,50$ – $29,1 \pm 7,77$ шт. по сравнению с $13,0 \pm 3,84$ шт. в контроле и $17,8 \pm 5,08$ шт. в эталоне (табл. 2). При этом выход товарной рассады составил 94-96% по сравнению с 89% в эталоне и 65% в контроле.

Таким образом, выявлена сортовая реакция на разрабатываемые приемы при применении удобрений пролонгированного действия при выращивании рассады земляники садовой сортов Karmen и Jūnija smaids.

Обсуждение

Основным приемом, позволяющим значительно повысить показатели роста, развития и урожайности любой культуры является внесение удобрений, в первую очередь минеральных. Совершенствование питания растений происходит путем определения наиболее оптимального сочетания азотных, фосфорных и калийных удобрений. Что является решающим агротехническим приемом для сбора высоких и стабильных урожаев [23]. Минеральное питание в период доращивания имеет большое значение. Питательные вещества при выращивании растений вносят в контейнеры, через систему орошения, в виде подкормок под корень, либо по листу или комбинацией этих методов. В зависимости от потребности растений в питательных веществах, дозы питания устанавливаются для каждой культуры, чтобы способствовать оптимальному росту растений в контейнерах [24,25].

При избытке минеральных удобрений у маточных растений земляники садовой замедляются рост и развитие, снижается зимостойкость надземных органов. Высокие дозы азота могут приводить к чрезмерному росту вегетативной массы, увеличению вегетационного периода, что может сказаться на качестве получаемого посадочного материала [26,27]. Также при доращивании земляники в контейнерах необходимо учитывать чувствительность растений к малообъемному питанию корневой системы [27,28,29]. Известно, что на рост и развитие *ex vitro* растений в контейнерах влияют концентрация и соотношение питательных веществ [24]. Особое значение при этом имеет равномерное поступление макро- и микроэлементов в настолько низких концентрациях, насколько это возможно, чтобы объем корней растений соответствовал скорости поглощения элементов питания, что в свою очередь зависит от объема субстрата в контейнере и уровня его кислотности [25,28]. В результате частых поливов наблюдается выщелачивание питательных элементов, поэтому для выращивания стандартного посадочного материала необходимо либо периодически проводить подкормки, либо вводить с состав субстрата удобрений пролонгированного действия (медленнодействующих) с полимерным покрытием. Это позволяет более эффективно, с минимальными газообразными потерями и вымыванием обеспечить растения питательными веществами в течение долгого времени, в первую очередь, минеральным азотом и микроэлементами [26-33].

В настоящее время произведены довольно обширные исследования по применению удобрений пролонгированного действия при выращивании посадочного материала груши, сливы, вишни и абрикоса [31-38], клюквы, голубики, жимолости, ежевики [39-44]. Однако очень мало сведений по их применению при выращивании рассады земляники садовой. Поэтому, с учетом того,

что в настоящее время существует высокая потребность в оздоровленном посадочном материале земляники садовой, выращиваемом как правило в контейнерах в условиях защищенного грунта, исследования в данном направлении очень перспективны и актуальны. Также следует отметить перспективность включения в объекты исследований удобрений пролонгированного действия отечественного производства FertiPro Gran и Ruscote.

Наши исследования показали различную реакцию сортов земляники со средней усобиобразовательной способностью (Karmen) и с высокой усобиобразовательной способностью (Jūnija smaids) на разрабатываемые приемы при применении удобрений пролонгированного действия при выращивании маточных растений в контейнерах.

Сорт Karmen проявил отзывчивость на внесение в субстрат только удобрения FertiPro Gran 1M, при применении которого на 180 суток выращивания количество усов составило $9,8 \pm 1,88$ шт. по сравнению с $2,6 \pm 2,50$ шт. в контроле без удобрений и количество розеток $24,5 \pm 6,49$ по сравнению с $6,9 \pm 7,25$ шт. в контроле без удобрений. При этом выход товарной рассады составил 95 % по сравнению с 70% в контроле.

При выращивании сорта Jūnija smaids выявлена эффективность всех опытных удобрений: FertiPro Gran 1M, Ruscote и Basacote Plus. Их применение на 180 суток выращивания позволило получить большее количество усов $9,1 \pm 2,66$ – $9,6 \pm 3,28$ шт. по сравнению с $3,9 \pm 1,27$ шт. в контроле, и количество розеток – $24,8 \pm 9,50$ – $29,1 \pm 7,77$ шт. по сравнению с $13,0 \pm 3,84$ шт. в контроле.

Таким образом, была доказана эффективность применения удобрений пролонгированного действия, в том числе отечественного производства, при выращивании рассады земляники садовой и открыты перспективы для дальнейших исследований в данном направлении с расширением объектов исследований, видов и концентраций применяемых удобрений.

Заключение

Внесение удобрений пролонгированного действия FertiPro Gran, Ruscote и Basacote Plus в торфяной субстрат с добавлением стартового удобрения Pg mix позволило 2,3-3,8 раз увеличить количество полученных усов и в 1,9-3,5 раз полученных розеток по сравнению с контролем без удобрений.

Для сорта Karmen со средней усобиобразовательной способностью выявлена эффективность внесения в субстрат удобрения FertiPro Gran 1M ($1,25$ г/л): на 180 суток выращивания в 3,8 раз увеличивается количество усов и в 3,5 раз количество розеток по сравнению с контролем при этом выход товарной рассады составил 95 % по сравнению с 70% в контроле.

Для сорта Jūnija smaids с высокой усобиобразовательной способностью выявлена эффективность всех опытных вариантов с внесением в субстрат удобрений FertiPro Gran 1M ($1,25$ г/л), Ruscote ($3,0$ г/л) и Basacote Plus ($4,0$ г/л): на 180 суток выращивания в 1,9-2,2 раза увеличивается количество усов и в 2,3-2,5 раз количество розеток по сравнению с контролем при этом выход товарной рассады составил 94-96% по сравнению с 65% в контроле.

Об авторах:

Светлана Владимировна Акимова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородия, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0002-7267-1220>, Scopus ID: 56872788000; автор для переписки, akimova@rgau-msha.ru

Анна Евгеньевна Мацнева – заведующая отделом биотехнологии и ягодных культур учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0002-6827-7108>, автор для переписки, matsneva@rgau-msha.ru

Людмила Александровна Марченко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородия, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0002-7247-9829>, Scopus ID: 57193568421; автор для переписки, l.marchenko@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Соловьев – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой плодородия, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>, Scopus ID: 57204731886; a.solovlev@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Зубков – кандидат экономических наук, доцент кафедры плодородия, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0003-2410-152X>, a.zubkov@rgau-msha.ru

Александр Евгеньевич Буланов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородия, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, <https://orcid.org/0000-0001-7253-662X>, Scopus ID: 57303367700; bulanov@rgau-msha.ru

Дмитрий Сергеевич Аркаев – студент магистратуры по направлению Садоводство института Садоводства и ландшафтной архитектуры, darkkaev@mail.ru

About the Authors:

Svetlana V. Akimova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, Institute of Horticulture and landscape architecture, <https://orcid.org/0000-0002-7267-1220>, Scopus ID: 56872788000; Correspondence Author, akimova@rgau-msha.ru

Anna E. Matsneva – Head of the Department of Biotechnology and berry Crops of the educational scientific and Production Center of Horticulture and Vegetable Growing Institute of Horticulture and landscape architecture, <https://orcid.org/0000-0002-6827-7108>, Correspondence Author, matsneva@rgau-msha.ru

Liudmila A. Marchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, Institute of Horticulture and landscape architecture, <https://orcid.org/0000-0002-7247-9829>, Scopus ID: 57193568421; Correspondence Author, l.marchenko@rgau-msha.ru

Alexandr V. Soloviyov – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking Institute of Horticulture and landscape architecture, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>, Scopus ID: 57204731886; a.solovlev@rgau-msha.ru

Alexandr V. Zubkov – Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, <https://orcid.org/0000-0003-2410-152X>, a.zubkov@rgau-msha.ru

Alexandr E. Bulanov – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, <https://orcid.org/0000-0001-7253-662X>, Scopus ID: 57303367700; bulanov@rgau-msha.ru

Dmitriy S. Arkayev – Master's degree student in Horticulture Institute of Horticulture and landscape architecture, darkkaev@mail.ru

• Литература / References

- Куликов И.М., Евдокименко С.Н., Тумаева Т.А., Келина А.В., Сазонов Ф.Ф., Андропова Н.В., Подгаецкий М.А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>.
- Акимов М.Ю., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологических веществ (обзор). *Химия растительного сырья*. 2020;(1):5-18. <https://doi.org/10.14258/crpm.2020015511>.
- Савенок Н.А. Выращивание земляники садовой фриго (FRIGO) в условиях Ленинградской области. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2022;(166):36-45. <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-1-36-45>.
- Шапиров Ш.И., Яхьяев Г.У., Ибрагимова Б.Ш. Состояние и направления государственного стимулирования плодового питомниководства России. *Экономический анализ: теория и практика*. 2021;20(1(508)):25-41. <https://doi.org/10.24891/ea.20.1.25>.
- Мишурун Н.П., Федоренко В.Ф., Завражнов А.И., Ланцев В.Ю., Воробьев В.Ф., Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтук В.А. Инновационные технологии выращивания высококачественного посадочного материала многолетних плодово-ягодных культур: Аналитический обзор. Издательство: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский), 2020. 96 с. ISBN: 978-5-7367-1581-7.
- Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А., Куликов И.М., Борисова А.А. Роль селекционно-питомниководческих центров в инновационном развитии отрасли садоводства. *Садоводство и виноградарство*. 2020;(4):49-57. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-49-57>.
- Weijia L., Baotian W., Hongying S., Zhihong Zh. Transcriptome profiling of runner formation induced by exogenous gibberellin in *Fragaria vesca*. *Scientia Horticulturae*. 2021;(281):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109966>.
- Saavedra T., Gama F., Rodrigues M.A., Abadía J., de Varennes A., Pestana M., Da Silva J. P., Correia P.J. Effects of foliar application of organic acids on strawberry plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022;(188):12-20. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.08.004>.
- Sainia S., Kumara P., Sharma N.C., Sharma N., Balachandrar D. Nano-enabled Zn fertilization against conventional Zn analogues in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 2021. 282 p. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110016>.
- Дажно Т.Г., Дажно О.А. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов земляники крупноплодной по продуктивности и качеству плодов. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2021;(3):40-43. <https://doi.org/10.30850/vrsn.2021/3/40-43>.
- Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Миронов А.М. Витаминная и антиоксидантная ценность плодов сортов и отборных форм земляники селекции ФГБНУ «ФНЦ им.И.В. Мичурина». *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(6):36-48. <https://doi.org/10.34677/0021-342X-2019-6-36-48>.
- Починая И.М., Росляков Ю.Ф., Комарова Н.В., Рослик В.Л. Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод. *Техника и технология пищевых производств*. 2019;49(1):50-61. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-61>.
- Козлова И.И., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой. *Достижение науки и техники АПК*. 2019;33(2):45-49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10211>.
- Трухачев В.И., Есаулко А.Н., Айсанов Т.С. Анализ состояния отрасли питомниководства плодово-ягодных культур на юге России и перспективы её развития. *Проблемы развития АПК региона*. 2019;2(38):164-170.
- Мацнева О.В., Ташматова Л.В. Клональное размножение земляники – перспективный метод современного питомниководства (обзор). *Современное садоводство*. 2019;(4):113-119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411>.
- Фалыньков Е.М., Пойда В.Б., Збрамлов М.А. Оценка продуктивности и устойчивости к временному хранению ягод интродуцированных сортов садовой земляники. *Fundamental and applied approaches to solving scientific problems*. Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2020. С. 79-85.
- Козлова И.И. Оптимизация элементов технологии выращивания рассады земляники садовой в палатах (кассетах). *Достижения науки и техники АПК*. 2021;35(7):40-44. https://doi.org/10.53859/02352451_2021_35_7_40.
- Иванова Т.Е., Лукомцева Е.В., Несмелова Л.А., Соколова Е.В., Тутова Т.Н. Эффективность использования микробиологических удобрений при выращивании земляники садовой на дерново-среднеподзолистой почве. *Овощи России*. 2022;(2):50-56. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-50-56>.
- Андропова А.В., Прудников П.С. Влияние обработки регуляторами роста на усовершенствование способности земляники садовой. *Современное садоводство*. 2021;(1):48-54. https://doi.org/10.52415/23126701_2021_0106.
- Салихов М.М., Салихова Н.В., Сумарокова Т.Б. Сорта и агротехника плодовых и ягодных культур для Севера России: каталог сортов плодовых и ягодных культур, выращиваемых в СХПК "Племзавод Майский". 2011. 159 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
- Исачкин А.В. Основы научных исследований в садоводстве: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 420 с.
- Анохина Т.А., Цыганов А.Р., Полховская И.В., Полховский Н.Д. Перспективы повышения производительности грецких путем оптимизации минерального питания с учетом морфотипа растений. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;(3):135-138.
- Wright R.D., Niemiera A.X. Nutrition of container-grown woody nursery crops. In: *Horticultural Reviews*; Janick, J. Ed.: Van Nostrand Reinhold Company, 1987;(9):75-101.
- Brix H., van den Driessche R. Mineral nutrition of container-grown tree seedlings. In: *Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*. Great Plains Agricultural Council Publication 68, August 26-29; eds. Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., Eds.; Pacific Forestry Centre: Denver, Colorado, 1974. pp. 77-84.
- Komova K.M., Popov S.K. Effect of the in vitro propagation of GF 677. *Acta Hort.* 2009;(825):277-282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.44>.
- Titok V.V., Reshetnikov V.N., Volodko I.K., Pavlovskij N.B. History and results of the introduction of berry plants of the family Ericaceae Juss.in the Republic of Belarus. In: *Experience and prospects of growing non-traditional berry crops on the territory of Belarus and neighboring countries: Materials of the International Scientific and Practical Seminar*; Titok V.V., Rupasova Zh.A., Goncharova L.V., Pavlovskij N.B., Lenkovets T.I., Kuzmenkova S.M. Eds.; Medisont Limited Liability Company: Minsk, Belarus, 2021. pp. 3-14.
- Darnell R.L., Stutte G.W., Martin G.C., Lang G.A., Early J. D. Development physiology of rabbiteye blueberry. In *Horticultural Reviews*. Janick, J., Ed.; John Wiley&Sons, Inc. 1992;(13):339-406.
- Kim J.K., Shawon Md.R.A., An J.H., Yun Y.J., Park S.J., Na J.K., Choi K.Y. Influence of substrate composition and container size on the growth of tissue culture propagated apple rootstock plants. *Agronomy*. 2021;(11-12):1-12. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122450>.
- Grimashevich V.V. Complexity of measures to increase the productivity of swamp blueberries. In *Vaccinioidae in USSR: Resources, introduction, and selection*; Gorbunov A.B., Cherkasov A.F., Eds.; Novosibirsk, 1990. pp. 92-97.
- Гришмашев В.В. Комплексность мероприятий по повышению продуктивности голубики топяной. *Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение*, 1990. 323 с.
- Адрахимов Ф.Г., Маликова Е.А. Удобрения пролонгированного действия – перспективное направление интенсификации питомниководства. *Сборник трудов науч.-практ. конф., приуроченной ко «Дню поля ФГБНУ ЮУНИИСК»*, Челябинск, 2017. С.54-60.
- Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Эффективность удобрения пролонгированного действия Basacote при выращивании саженцев с закрытой корневой системой. *Проблемы научно-обеспечения садоводства и картофелеводства: Сборник трудов науч.-практ. конф.*,

посвященной 85-летию ФГБНУ ЮНИИСК. Челябинск, 2016. С.7-15.

34. Глаз Н.В., Лебедева Т.В., Уфимцева Л.В. Рост и развитие саженцев в контейнерах в зависимости от условий выращивания. *Садоводство и виноградарство*. 2016;(6):57-61.
35. Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Результаты испытания удобрений пролонгированного действия в составе почвосмесей при выращивании абрикоса и груши в контейнерах в 2016 году. *Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля: сборник научных трудов*. Челябинск, 2017. Т. XIX. С. 84-93.
36. Глаз Н.В. Влияние состава почвогрунта на качество саженцев косточковых культур в контейнерах. *Современное садоводство*. 2017;(121):36-44.
37. Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Перспективы применения удобрения пролонгированного действия базасоте при выращивании посадочного материала в контейнерах. *Агрохимический вестник*. 2018;(3):12-14.
38. Глаз Н.В., Уфимцева Л.В. Оптимизация минерального питания при выращивании саженцев плодовых культур в контейнерах. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020;(3):52-55. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/52-55>
39. Яковлев А.П., Рупасова Ж.А., Антохина С.П., Савоско И.В., Белый П.Н., Коломиец Э.И., Алешенкова З.М., Карбанович Т.М. Влияние удобрений на формирование вегетативной сферы виргинильных растений клюквы крупноплодной на рекультивируемом торфяном месторождении верхового типа. *Плодоводство. Сборник научных трудов*. Минск, 2020. С.166-176.
40. Яковлев А.П., Рупасова Ж.А., Антохина С.П., Савоско И.В., Коломиец Э.И., Алешенкова З.М., Карбанович Т.М. Влияние удобрений на способность к ризогенезу черенков клюквы крупноплодной при рулонном способе размножения. *Плодоводство. Сборник научных трудов*. Минск, 2020. С. 159-165.
41. Божидай, Т.Н. Влияние удобрения базасоте на рост и развитие *Vaccinium corymbosum* L. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2020;(73):168-173. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-73-168-173>
42. Ладженская О.В., Симахин М.В., Крючкова В.А. Оценка различий сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) и некоторых комплексных удобрений на качество саженцев. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2021;4(67):58-63.
43. Ладженская О.В., Симахин М.В., Донских В.Г. Оценка влияния комплексных удобрений на выращивание саженцев жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) в контейнерной технологии. *Естественные и технические науки*. 2021;12(163):164-169. <https://doi.org/10.25633/ETN.2021.12.05>
44. Ладженская О.В., Анискина Т.С., Крючкова В.А. Влияние удобрений пролонгированного действия на доращивание саженцев ежевики после *in vitro*. *АгроЭкоИнфо*. 2022;1(49):1-8. <https://doi.org/10.51419/202121124>

• Литература / References

1. Kulikov I.M., Evdokimenko S.N., Tumaeva T.A., Kelina A.V., Sazonov F.F., Andronova N.V., Podgaecskij M.A. Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046> (In Russ.)
2. Akimov M.Yu., Lukyanchuk I.V., Zhanova E.V., Lyzhin A.S. Fruits of strawberry garden (*Fragaria × ananassa* Duch.) as a valuable source of food and biologically active substances (review). *Chemistry of plant raw materials*. 2020;(1):5-18. <https://doi.org/10.14258/jcpm.2020015511> (In Russ.)
3. Savenok N.A. Growing of strawberry garden frigo (FRIGO) under the Leningrad region conditions. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2022;1(66):36-45. <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-1-36-45> (In Russ.)
4. Shapirov Sh.I., Yahyaev G.U., Ibragimova B.Sh. The condition of fruit tree nurseries and areas of government incentives for their development in Russia. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2021;20(1(508)):25-41. <https://doi.org/10.24891/ea.20.1.25> (In Russ.)
5. Mishurov N.P., Fedorenko V.F., Zavrzhnov A.I., Lancev V.YU., Vorobyov V.F., Kondratyeva O.V., Fyodorov A.D., Slinko O.V., Voytyuk V.A. Innovative technologies for growing high-quality planting material for perennial fruit and berry crops: an analytical review. Publisher: Russian Research Institute of Information and Feasibility Studies for Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex (Pravdinsky). 2020. 96 p. ISBN: 978-5-7367-1581-7. (In Russ.)
6. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A., Kulikov I.M., Borisova A.A. The role of breeding and nursery centers in the innovative development of the horticulture branch. *Horticulture and viticulture*. 2020;(4):49-57. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-49-57> (In Russ.)
7. Weijia L., Baotian W., Hongying S., Zhihong Zh. Transcriptome profiling of runner formation induced by exogenous gibberellin in *Fragaria vesca*. *Scientia Horticulturae*. 2021;(281):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109966>
8. Saavedra T., Gama F., Rodrigues M.A., Abadia J., de Varennes A., Pestana M., Da Silva J. P., Correia P.J. Effects of foliar application of organic acids on strawberry plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022;(188):12-20. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.08.004>
9. Sainia S., Kumara P., Sharma N. C., Sharma N., Balachandrar D. Nano-enabled Zn fertilization against conventional Zn analogues in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 2021. 282 p. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110016>
10. Dahno T.G., Dahno O.A. Assessment of a large fruited strawberry varieties ecological plasticity and stability in terms of productivity and fruit quality. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 021;(3):40-43. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/3/40-43> (In Russ.)
11. Zhanova E., Lukyanchuk I., Mironov A. Vitamin and antioxidant value of fruits of strawberry varieties and selected forms bred in I.M. Michurin Federal Scientific center. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(6):36-48. <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-36-48> (In Russ.)
12. Pochickaya I.M., Roslyakov Yu.F., Komarova N.V., Roslik V.L. Sensory Components of Fruits and Berries. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):50-61. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-61> (In Russ.)
13. Kozlova I.I., Lukyanchuk I.V., Zhanova E.V. Assortment and production technology of high-quality strawberry. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(2):45-49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10211> (In Russ.)
14. Truhachyov V.I., Esaulko A.N., Ajsanov T.S. Analysis of the fruit and berry crops nursery industry condition in the south of Russia and perspectives of its development. *Development problems of regional agro industrial complex*. 2019;2(38):164-170. (In Russ.)
15. Manceva O.V., Tashmatova L.V. Clonal micro-propagation of strawberries is a promising method of modern nursery practice (review). *Contemporary Horticulture*. 2019;(4):113-119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411> (In Russ.)
16. Falynskov E.M., Pojda V.B., Zbrailov M.A. Evaluation of productivity and resistance to temporary storage of berries of introduced varieties of garden strawberries. *Fundamental and applied approaches to solving scientific problems. Collection of articles based on materials of the II International Scientific and Practical Conference*. Ufa, 2020. P. 79-85. (In Russ.)
17. Kozlova I.I. Optimization of technology elements for growing garden strawberry seedlings in plugs (cassettes). *Achievements of science and technology in agro industrial complex*. 2021;35(7):40-44. <https://doi.org/10.53859/02352451> 2021. 35. 7. 40 (In Russ.)
18. Ivanova T.E., Lekomtseva E.V., Nesmelova L.A., Sokolova E.V., Tutova T.N. Efficiency of use of microbiological fertilizers in growing strawberry garden on soddy-medium podzolic soil. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):50-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-50-56>
19. Androsova A.V., Prudnikov P.S. The effect of treatment by some growth regulators on the ability to from runners of strawberry. *Contemporary Horticulture*. 2021;(1):48-54. https://doi.org/10.52415/23126701_2021_0106 (In Russ.)
20. Salikhov M.M., Salikhova N.V., Sumarokova T.B. Varieties and agrotechnics of fruit and berry crops for the North of Russia: a catalog of varieties of fruit and berry crops grown in the SHPK "Plemzavod Maisky". 2011. 159 p. (In Russ.)
21. Dospokhov B.A. Methods of field experience: (with the basics of statistical processing of research results). Ed. 6th, ster., reprint. from 5th ed. 1985. Moscow: Alliance, 2011. 350 p. (In Russ.)
22. Isachkin A.V. Fundamentals of scientific research in horticulture: a textbook for universities. St. Petersburg, 2020. 420 p. (In Russ.)
23. Anohina T.A., Cyganov A.R., Polhovskaya I.V., Polhovskij N.D. Prospects for increasing the production of buckwheat by optimizing mineral nutrition, taking into account the morphotype of plants. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020;(3):135-138.
24. Wright R.D., Niemiera A.X. Nutrition of container-grown woody nursery crops. In *Horticultural Reviews*; Janick J. Ed.: Van Nostrand Reinhold Company, 1987;(9):75-101.
25. Brix H., van den Driessche R. Mineral nutrition of container-grown tree seedlings. In *Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*. Great Plains Agricultural Council Publication 68, August 26-29; eds. Tinus R.W., Stein W.I., Balmer W.E., Eds.; Pacific Forestry Centre: Denver, Colorado, 1974. pp. 77-84.
26. Kornova K.M., Popov S.K. Effect of the in vitro container type on growth characteristics of the microplants in *in vitro* propagation of GF 677. *Acta Hortic*. 2009;(825):277-282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.44>
27. Titok V.V., Reshetnikov V.N., Volodko I.K., Pavlovskij N.B. History and results of the introduction of berry plants of the family Ericaceae Juss.in the Republic of Belarus. In *Experience and prospects of growing non-traditional berry crops on the territory of Belarus and neighboring countries: Materials of the International Scientific and Practical Seminar*; Titok V.V., Rupasova Zh.A., Goncharova L.V., Pavlovskij N.B., Lenkovets T.I., Kuzmenkova S.M. Eds.; Medisont Limited Liability Company: Minsk, Belarus, 2021. pp. 3-14.
28. Darnell R.L., Stutte G.W., Martin G.C., Lang G.A., Early J. D. Development physiology of rabbiteye blueberry. In *Horticultural Reviews*. Janick J., Ed.; John Wiley&Sons, Inc. 1992;(13):339-406.
29. Kim J.K., Shawon Md. R.A., An J.H., Yun Y.J., Park S.J., Na J.K., Choi K.Y. Influence of substrate composition and container size on the growth of tissue culture propagated apple rootstock plants. *Agronomy*. 2021;(11-12):1-12. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122450>
30. Grimashevich V.V. Complexity of measures to increase the productivity of swamp blueberries. In *Vaccinioideae in USSR: Resources, introduction, and selection*; Gorbunov A.B., Cherkasov A.F., Eds.; Novosibirsk, 1990. pp. 92-97.
31. Grimashevich V.V. The complexity of measures to increase the productivity of blueberries. *Lingonberries in the USSR: Resources, introduction, selection*. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch. 1990. 323 p. (In Russ.)
32. Adrahimov F.G., Malikova E.A. Long-acting fertilizers are a promising direction for the intensification of nursery farming. *Collection of works of scientific and practical. conf. dedicated to the "Field Day of FGBNU YuUNISK"*, Chelyabinsk, 2017. P.54-60. (In Russ.)
33. Glaz N.V., Ufimceva L.V. Efficiency of Basacote long-acting fertilizer when growing seedlings with a closed root system. *Problems of scientific support of horticulture and potato growing: Collection of works of scientific-practical. Conf. dedicated to the 85th anniversary of FGBNU YUUNISK*. Chelyabinsk, 2016. P.7-15.
34. Glaz N.V., Lebedeva T.V., Ufimceva L.V. Growing and development of apricot seedlings in the container depending on growing condition. *Horticulture and viticulture*. 2016;(6):57-61. (In Russ.)
35. Glaz N.V., Ufimceva L.V. The results of testing fertilizers of prolonged action in the composition of soil mixtures when growing apricots and pears in containers in 2016. *Selection, seed production and technology of fruit and berry, vegetable crops and potatoes: a collection of scientific papers*. Chelyabinsk, 2017. T. XIX. P.84-93. (In Russ.)
36. Glaz N.V., Ufimceva L.V. Influence of the soil mixture on the quality of stone fruits seedlings in containers. *Contemporary Horticulture*. 2017;(121):36-44. (In Russ.)
37. Glaz N.V., Ufimceva L.V. Perspectives of application of controlled release fertilizer basacote for growing of planting material in containers. *Agrochemical herald*. 2018;(3):12-14. (In Russ.)
38. Glaz N.V., Ufimceva L.V. Mineral nutrition optimization when growing fruit crop seedlings in containers. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020;(3_52-55. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/52-55> (In Russ.)
39. Yakovlev A.P., Rupasova Zh.A., Antohina S.P., Savosko I.V., Belyj P.N., Kolomic E.I., Aleshchenkova Z.M., Karbanovich T.M. Influence of fertilizers on the formation of the vegetative sphere of original plants of large-fruited cranberries on a recultivated upland peat deposit. *Fruit growing. Collection of scientific papers*. Minsk, 2020. P.166-176. (In Russ.)
40. Yakovlev A.P., Rupasova Zh.A., Antohina S.P., Savosko I.V., Kolomic E.I., Aleshchenkova Z.M., Karbanovich T.M. Influence of fertilizers on the ability to rhizogenesis of large-fruited cranberry cuttings in the roll method of reproduction. *Fruit growing. Collection of scientific papers*. Minsk, 2020. P. 159-165. (In Russ.)
41. Bozhidaj T.N. Influence of fertilizer basacote on growth and development of *Vaccinium corymbosum* L. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2020;(73):168-173. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-73-168-173> (In Russ.)
42. Ladyzhenskaya O.V., Simahin M.V., Kryuchkova V.A. Evaluation of the differences in the influence of blue honeysuckle varieties (*Lonicera edulis* Turcz.) and some complex fertilizers on the quality of seedlings. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021;4(67):58-63. (In Russ.)
43. Ladyzhenskaya O.V., Simahin M.V., Donskih V.G. Estimation of the influence of complex fertilizers on the cultivation of seedlings honeysuckle varieties (*Lonicera edulis* Turcz.) in containers. *Natural and Technical Sciences*. 2021;12(163):164-169. <https://doi.org/10.25633/ETN.2021.12.05> (In Russ.)
44. Ladyzhenskaya O.V., Aniskina T.S., Kryuchkova V.A. Influence of prolonged fertilizers on the subsequent blackberry seedlings growth after *in vitro*. *AgroEcolInfo*. 2022;1(49):1-8. <https://doi.org/10.51419/202121124> (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-90-96>
УДК 635.649:631.544.72

Е.В. Янченко*, Д.И. Енгальчев,
Н.А. Енгальчева, К.Л. Алексеева

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

*Автор для переписки: elena_0881@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: Янченко Е.В., Енгальчев Д.И., Енгальчева Н.А., Алексеева К.Л. Влияние мульчирующих материалов на урожайность, биохимический состав и сохранемость плодов перца сладкого. *Овощи России*. 2022;(6):90-96.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-90-96>

Поступила в редакцию: 30.10.2022

Принята к печати: 11.11.2022

Опубликована: 02.12.2022

Elena V. Yanchenko*, Djafar I. Engalychev,
Natalia A. Engalycheva, Ksenia L. Alekseeva

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

*Correspondence Author: elena_0881@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: Yanchenko E.V., Engalychev D.I., Engalycheva N.A., Alekseeva K.L. The effect of mulching materials on yield, biochemical composition and preservation of fruits of bell pepper. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):90-96. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-90-96>

Received: 30.10.2022

Accepted for publication: 11.11.2022

Published: 02.12.2022

Влияние мульчирующих материалов на урожайность, биохимический состав и сохранемость плодов перца сладкого



Резюме

Введение. Использование новых укрывных материалов – важный агротехнический прием при возделывании перца сладкого в открытом грунте, позволяющий повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам и минимизировать химические обработки, повышающий урожайность, качество и сохранемость продукции. Цель работы – изучить влияние различных мульчирующих материалов (черная полиэтиленовая пленка и спандбонд «Агротекс 60 перфорированная мульча») на урожайность перца сладкого, биохимический состав плодов и их сохранемость в зависимости от фазы спелости.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили плоды перца сладкого гибрида Натали F₁ селекции ФНЦО и гибрида Анетта F₁ зарубежной селекции, выращенных в открытом грунте с использованием мульчирующих материалов. Опыты закладывали по стандартным методам, принятым в овощеводстве. Хранение проводили в соответствии методическим указаниям по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей.

Результаты. Применение мульчирующих материалов способствовало повышению общей урожайности и увеличению выхода стандартной продукции в структуре урожая, а также положительно влияло на накопление сухого вещества, витамина С, моно-, ди-, суммы сахаров в плодах перца сладкого. Отечественный гибрид Натали F₁, выращенный с использованием мульчирующего материала черной пленки, характеризовался лучшей сохранемостью (74,9%) по сравнению с зарубежным гибридом Анетта F₁ (71,3%). Выявлены существенные различия в химическом составе плодов в зависимости от фазы спелости. Плоды, заложенные на хранение в полной биологической спелости (красные), характеризовались повышенной величиной убыли массы. Во всех вариантах опыта установлено положительное влияние использования мульчирующих материалов на сохранемость плодов перца.

Ключевые слова: перец сладкий, урожайность, биохимический состав, сохранемость

The effect of mulching materials on yield, biochemical composition and preservation of fruits of bell pepper

Abstract

Introduction. The use of new covering materials is an important modern agrotechnique for cultivating of bell pepper in the open ground, which allows to minimize chemical treatments, increasing the yield, quality and preservation quality of vegetable products. The purpose of this work is to study the effect of various mulching materials (black polyethylene film and spandbond «Agrotex 60 perforated mulch») on the yield of bell pepper and also on biochemical composition of fruits and on their preservation quality in relation to the ripeness phase.

Methods. The objects of the study were the fruits of two bell pepper hybrids of domestic and foreign breeding (respectively Nathalie F₁ and Anetta F₁), grown in the open ground using mulching materials. The experiments were laid according to standard methods adopted in vegetable growing. Storage was carried out in accordance with the methodological guidelines for conducting research on the storage of vegetables.

Results. The use of mulching materials contributed to an increase in total yield and the yield of standard products in the crop structure, and also positively affected the accumulation of solids, vitamin C, monosaccharides, disaccharides and as a whole – the sum of sugars. The domestic hybrid Nathalie F₁ (74.9%), grown using black film as a mulching material, as compared to foreign hybrid Anetta F₁ (71.3%), was characterized by better preservation quality. Significant differences in the chemical composition of fruits depending on the ripeness phase were revealed. Fruits laid for storage in full biological ripeness (red) were characterized by an increased amount of weight loss on all storage options. A positive effect on the storage persistence of bell pepper fruits with use of mulching materials on all variants of the experiment was also established.

Keywords: bell pepper, productivity, biochemical composition, preservation quality

Введение

Переч сладкий (*Capsicum annuum* L.) является ценной овощной культурой с лечебно-профилактическими свойствами и играет важную роль в питании людей. Плоды перца – богатый источник витаминов и биологически активных веществ-антиоксидантов, обладают высокими вкусовыми качествами. По содержанию витамина С перец превосходит не только все овощи, но даже цитрусовые [1]. В фазе технической спелости в плодах перца накапливается от 72 до 180 мг% витамина С, в биологической – больше 200 мг%. Они содержат в фазе технической спелости сухого вещества 5-8%, в биологической – до 11%, сахаров – до 5,7%. По содержанию азотистых веществ перец сладкий также занимает первое место среди овощных культур (2,4-3,7% в пересчете на сухую массу).

Перец относится к теплолюбивым растениям, требовательным к температурно-влажностному и световому режиму, а также к почвенному плодородию. В открытом грунте наиболее широко перец выращивается в южных регионах России (Северный Кавказ, Поволжье, Южный Федеральный округ) [2]. В средней полосе под культуру перца заняты небольшие площади, в основном в фермерских и личных подсобных хозяйствах. При этом в связи с потеплением климата за последние годы отмечается продвижение теплолюбивых культур в более северные регионы. Для получения стабильных урожаев в зоне неустойчивого земледелия за последние годы созданы скороспелые и холодоустойчивые гибриды перца сладкого, адаптированные к условиям открытого грунта средней полосы [3]. Для улучшения условий их выращивания важное значение имеют агротехнические приемы, позволяющие повысить стрессоустойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. К таким агроприемам относится мульчирование почвы укрывными материалами.

Установлено, что почва под мульчей быстрее прогревается и имеет температуру в среднем на 3...5°C, выше, чем без укрытия, что обеспечивает лучшую приживаемость рассады [4, 5]. Мульча сдерживает излишнее испарение и способствует удержанию влаги, оказывает положительное влияние на агрофизические свойства почвы, препятствует ее пересыханию и образованию почвенной корки [6]. Влажность почвы на глубине корнеобитаемого слоя под мульчей изменяется значительно медленнее, чем в почве без укрытия [7], что поддерживает водный баланс в почве и позволяет сократить частоту поливов.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили неорганические мульчирующие материалы различного химического состава: синтетические пленки, нетканый укрывной материал различного цвета. Черные мульчирующие материалы защищают растения от сорной растительности и болезней, облегчая уход за культурой и позволяя выращивать экологически чистую продукцию без использования химических препаратов (гербицидов и средств защиты растений). Применение мульчирующих материалов ускоряет рост и развитие растений, продлевает период вегетации, повышает урожайность различных овощных культур [8].

В задачу исследований входило изучить влияние различных мульчирующих материалов (черная полиэтиленовая пленка и «Агротекс 60 перфорированная мульча») на урожайность перца сладкого, биохимический состав плодов и их сохраняемость в зависимости от фазы спелости.

Условия и методика исследований

Исследования проводились в 2020-2021 годах на базе ВНИИО – филиала ФГБНУ «ФНЦО» (Московская область, Раменский район). Погодные условия в годы проведения исследований характеризовались значительными колебаниями температуры воздуха и неравномерным количеством выпавших осадков. В 2020 году засушливые периоды чередовались с дождливыми, в июле-августе температура воздуха превышала среднегодовые данные на 1,7-3 градуса. Вегетационный период 2021 году был преимущественно жарким и засушливым, в июле-августе температура воздуха превышала среднегодовые данные на 4,1-5,2°C. Количество выпавших осадков в июле составило 26,1% от среднегодовых значений, среднесуточная относительная влажность воздуха была ниже среднегодовых данных на 1,3%.

Почва опытного участка аллювиально-луговая среднесуглинистая плодородная, влагоёмкая, мощность пахотного слоя 25-30 см, глубина залегания грунтовых вод ниже 2 м. Наименьшая влагоёмкость верхних слоёв (до 30 см) составляет 28,9-29,2% от массы сухой почвы, более глубоких слоёв – 29,0-29,9%. Реакция почвенного раствора в основном нейтральная, pH солевой вытяжки от 6,75 до 7,10, содержание гумуса колеблется от 3,64 до 3,71%, содержание общего азота колеблется от 0,035 до 0,047%, обеспеченность калием средняя (от 11,7 до 29,0 мг/100 г почвы), фосфором высокая (23,8-36,0 мг/100 г почвы). Гидролитическая кислотность невысокая (0,32-0,66 мг.экв/100 г), сумма поглощенных оснований средняя (38,5-45,6 мг.экв/100 г), насыщенность почвы основаниями высокая (98,3-99,3%). Основная подготовка почвы общепринятая для Московской области. Зяблевая вспашка на глубину 25 см проводилась в конце октября. Весной участок обрабатывали агрегатом, состоящим из дисковых борон БДТ-3 и «Зиг-Заг». Минеральные удобрения вносили под культивацию перед высадкой рассады рекомендуемой нормы минеральных удобрений для получения качественной продукции N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀. Далее нарезались гребни с расстоянием между гребнями 0,7 м. Вегетационные поливы и подкормки проводились системой капельного орошения в соответствии с принятой технологией. Густота посадки – 3,5 растения на 1 м².

В опыте использовали гибриды перца сладкого Натали F₁ и Анетта F₁.

Натали F₁ (оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства») – раннеспелый гибрид, включенный в Госреестр в 2015 году, предназначенный для культивирования в открытом грунте в личных подсобных хозяйствах во всех регионах страны. Растение среднерослое, полураскидистое. Плоды конусовидной формы, весом около 95 г, стенка толщиной 6-7 мм. Окраска в фазе технической спелости – зеленовато-белая, биологической – красная.

Анетта F₁ (оригинатор – компания Энза Заден, Нидерланды) – раннеспелый гибрид для открытого грунта. Кусты среднераскидистые. Созревание плодов начинается через 65 суток после высадки рассады. Плоды конусовидные, средней массой 100-120 г, толщина стенки 6-7 мм. Окраска в фазе технической

спелости – светло-зеленая, биологической – темно-красная.

Рассаду выращивали в пленочной обогреваемой теплице кассетным способом с использованием рассадной кассеты с 40 ячейками. Посадку рассады перца сладкого проводили вручную, по схеме 40 см x 70 см (расстояние между растениями в ряду 40 см, между рядами – 70 см). Возраст рассады – 50-55 дней. Срок посадки – первая декада июня. Предварительно гряды покрывали мульчирующими материалами. В качестве мульчирующих материалов использовали черную полиэтиленовую пленку и нетканый материал «Агротекс 60 перфорированная мульча». Опыты закладывали с использованием стандартных методик, принятых в овощеводстве [9] по следующей схеме: 1 вариант – контроль (без мульчи); 2 вариант – мульчирование черной п/э пленкой; 3 вариант – мульчирование нетканым материалом. Площадь опытной делянки – 20 м². Повторность – четырехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Хранение проводили в соответствии методическим указаниям по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей [10]. На хранение закладывали здоровые, сформировавшиеся плоды в состоянии технической спелости (зеленой окраски), биологической спелости (красной окраски) и промежуточной спелости (бурая окраска). Хранение плодов осуществляли в открытых ящиках в течение 35 суток при температуре +6...9°C и относительная влажность воздуха 80±5%. в холодильной камере с контролируемыми условиями. Сравнительную оценку сохраняемости продукции проводили по показателям естественной убыли массы, поражению болезнями, визуальное качество плодов и изменению химического состава. Образцы взвешивали в день постановки опыта и на 14-е, 21, 28 и 35-е сутки хранения для сбора данных. Эксперимент заложен в трёхфакторном полностью рендомизированном опыте с тремя повторностями.

Полученные данные анализировали на предмет статистической значимости с использованием программы Microsoft Excel.

Биохимические анализы проводили перед и после окончания срока хранения: сухого вещества – термостатно-весовым методом (высушивание при 105°C); сахаров – по Бертрану; витамина С – по Мурри; нитратов – ионометрически по методу ЦИНАО.

Результаты исследования

Основная цель мульчирования почвы под культуру перца сладкого – улучшение условий выращивания растений для ускорения их роста и повышения выхода высококачественной продукции. Применение мульчирования позволяет нивелировать влияние температурного воздействия на почву и растения: при ранней посадке обеспечивается защита растений от заморозков, при летней посадке не происходит перегрева почвы. Поддерживает оптимальную температуру почвы, исключает резкие перепады температур: в жаркие дни почва не перегревается, в холодную не перемерзает.

Изученные укрывные материалы оказали положительное влияние на рост и развитие растений перца сладкого. На опытных делянках отмечена 100%-ная приживаемость рассады, ускорение сроков наступления основных фаз. Различия между вариантами опыта и контролем по срокам прохождения фаз составляли 3-5 дней. Применение мульчирующих материалов способствовало повышению общей урожайности и увеличению выхода стандартной продукции в структуре урожая (табл. 1). В контрольном варианте общая урожайность плодов перца в фазе технической спелости составила 38,1-39,6 т/га, в том числе стандартной продукции 95,8-96,5%. На опытных делянках мульчирование обеспечило увеличение общей урожайности на 8,4-8,9 т/га, что составило 16,6-19,4% к контролю. Выход стандартной продукции в структуре урожая достигал 97,4-98,5%, что превышало контроль (95,8-96,5%).

Биохимические показатели качества выращенных овощей определяют их пищевую ценность, потребительскую значимость, способность к хранению. Данные по качественной характеристике перца сладкого в период уборки представлены в таблице 2.

Таблица 1. Влияние мульчирующих материалов на скорость прохождения фенологических фаз и урожайность перца сладкого
Table 1. Effect of mulching materials on the rate of passage of phenological phases and yield of bell pepper

Вариант опыта	Гибрид перца сладкого	Всходы – массовое цветение, дни	Всходы – начало плодоношения, дни	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Товарность, %
					т/га	%	
Контроль (без мульчирования)	F ₁ Натали	66	99	38,1	-	-	96,5
	F ₁ Анетта	66	98	39,6	-	-	95,8
Пленка полиэтиленовая черная	F ₁ Натали	63	94	46,5	8,4	18,1	97,4
	F ₁ Анетта	64	95	47,2	8,6	19,4	98,1
Нетканый материал «Агротекс 60 перфорированная мульча»	F ₁ Натали	62	93	46,8	8,7	18,6	97,9
	F ₁ Анетта	62	94	47,5	8,9	16,6	98,5
HCP ₀₅				7,8			

Таблица 2. Биохимические показатели качества плодов перца сладкого в период уборки
Table 2. Biochemical indicators of the quality of bell pepper fruits during the harvesting period

Мульчирующий материал	Гибрид	Стадия спелости	Сухое вещество, %	Витамин С, мг%	Сахара, %			Нитраты, мг/кг
					моно-	ди-	сумма	
Без мульчирования	F ₁ Натали	зеленые	4,9±0,25	88,2±4,41	2,07±0,104	0,01±0,001	2,08±0,104	56±2,80
		бурые	6,5±0,33	102,3±5,12	3,04±0,152	0,1±0,005	3,14±0,157	49±2,45
		красные	7,3±0,37	146,9±7,35	3,65±0,183	0,01±0,001	3,66±0,183	38±1,90
	F ₁ Анетта	зеленые	5,3±0,27	81,1±4,06	2,21±0,111	0,23±0,012	2,44±0,122	66±3,30
		бурые	6,6±0,33	116,4±5,82	3,25±0,163	0,01±0,001	3,26±0,163	60±3,00
		красные	7,2±0,36	150,8±7,54	3,59±0,180	0,01±0,01	3,6±0,180	57±2,85
Мульчирование черной пленкой	F ₁ Натали	зеленые	5,5±0,28	88,2±4,41	2,4±0,120	0,28±0,014	2,68±0,134	72±3,60
		бурые	6,6±0,33	116,4±5,82	3,41±0,171	0,34±0,017	3,75±0,188	60±3,00
		красные	7,5±0,38	164,7±8,24	3,79±0,190	0,22±0,011	4,01±0,201	54±2,70
	F ₁ Анетта	зеленые	5,6±0,28	91,7±4,59	2,59±0,130	0,39±0,020	2,98±0,149	80±4,00
		бурые	6,5±0,33	111,4±5,57	3,13±0,157	0,61±0,031	3,74±0,187	61±3,05
		красные	7,4±0,37	161,2±8,06	3,74±0,187	0,31±0,016	4,05±0,203	51±2,55
Мульчирование нетканым материалом	F ₁ Натали	зеленые	5,6±0,28	83,2±4,16	1,87±0,094	0,63±0,032	2,5±0,125	67±3,35
		бурые	6,4±0,32	116,6±5,83	3,33±0,167	0,01±0,001	3,34±0,167	60±3,00
		красные	7,5±0,38	158,9±7,95	3,81±0,191	0,18±0,009	3,99±0,199	54±2,70
	F ₁ Анетта	зеленые	5,5±0,28	83,9±4,20	2,35±0,118	0,01±0,001	2,36±0,118	64±3,20
		бурые	6,3±0,32	117,8±5,89	2,87±0,144	0,05±0,003	2,92±0,146	61±3,05
		красные	7,5±0,38	160,2±8,01	3,72±0,186	0,21±0,011	3,93±0,197	56±2,80

Наибольшее влияние на биохимические показатели качества имела стадия спелости плодов перца сладкого (см. табл. 2). Так, в среднем, плоды, убранные в технической стадии (зелеными), содержали 5,4% сухого вещества, 86,1 мг% витамина С, 2,51% суммы сахаров, 67,5 мг/кг нитратов. Бурые плоды по содержанию биохимических показателей значительно превышали зеленые плоды, но в некоторой степени уступали плодам, убранном в биологической спелости (красными). У бурых плодов сухого вещества было в среднем 6,5% (у красных – 7,4%), витамина С – 113,5 мг% (у красных – 157,1 мг%), суммы сахаров – 3,36% (у красных – 3,87%). Количество нитратов в продукции

во всех вариантах опыта было в пределах допустимых значений ПДК (200 мг/кг), при этом по мере созревания была отмечена тенденция уменьшения среднего содержания нитратов с 67,5 мг/кг у зеленых плодов до 51,7 мг/кг у красных плодов перца сладкого. Отмечены высокие вкусовые качества подов.

Использование мульчирующих материалов положительно влияло на накопление в плодах перца сладкого сухих веществ, витамина С, моно-, ди-, суммы сахаров. При этом существенных различий между использованием мульчирования черной пленкой или мульчирование нетканым материалом спандбонд выявлено не было.

Таблица 3. Биохимические показатели качества плодов перца сладкого после 35-дневного хранения
 Table 3. Biochemical quality indicators of bell pepper fruits after 35-day storage

Мульчирующий материал	Гибрид	Стадия спелости	Сухое вещество, %	Витамин С, мг%	Сахара, %			Нитраты, мг/кг
					моно-	ди-	сумма	
Без мульчирования	F ₁ Натали	зеленые	4,1±0,21	33,4±1,67	1,81±0,091	0,87±0,044	2,68±0,134	97±4,85
		бурые	5,8±0,29	44,3±2,22	2,25±0,113	0,09±0,005	2,34±0,117	85±4,25
		красные	7,2±0,36	70,2±3,51	3,14±0,157	0,36±0,018	3,50±0,175	72±3,60
	F ₁ Анетта	зеленые	5,0±0,25	28,3±1,42	1,94±0,097	0,42±0,021	2,36±0,118	83±4,15
		бурые	5,7±0,29	43,6±2,18	2,27±0,114	0,40±0,020	2,67±0,134	88±4,40
		красные	7,1±0,36	40,1±2,01	2,49±0,125	0,44±0,022	2,93±0,147	77±3,85
Мульчирование черной пленкой	F ₁ Натали	зеленые	5,6±0,28	41,4±2,07	2,15±0,108	0,58±0,029	2,73±0,137	86±4,30
		бурые	6,6±0,33	49,4±2,47	2,61±0,131	1,31±0,066	3,92±0,196	79±3,95
		красные	7,3±0,37	82,4±4,12	3,65±0,183	0,01±0,001	3,66±0,183	67±3,35
	F ₁ Анетта	зеленые	5,5±0,28	34,8±1,74	2,05±0,103	0,28±0,014	2,33±0,117	99±4,95
		бурые	6,5±0,33	48,6±2,43	2,86±0,143	0,01±0,001	2,87±0,144	85±4,25
		красные	7,1±0,36	60,2±3,01	2,83±0,142	0,86±0,043	3,69±0,185	77±3,85
Мульчи-рование нетканым материа-лом	F ₁ Натали	зеленые	5,5±0,28	45,1±2,26	2,12±0,106	3,19±0,158	5,31±0,266	98±4,90
		бурые	6,6±0,33	51±2,55	3,11±0,156	0,01±0,001	3,12±0,156	96±4,80
		красные	7,2±0,36	58,6±2,93	3,69±0,185	0,01±0,002	3,7±0,185	50±2,52
	F ₁ Анетта	зеленые	5,3±0,27	38,1±1,91	2,1±0,105	0,67±0,034	2,77±0,136	82±4,10
		бурые	6,8±0,34	44,3±2,22	2,41±0,121	0,08±0,004	2,49±0,125	95±4,75
		красные	7,1±0,36	53,4±2,67	2,94±0,147	0,76±0,038	3,69±0,185	79±3,95

Сравнивая данные таблиц 2 и 3, следует отметить ухудшение биохимических показателей качества плодов перца сладкого в процессе 35-дневного хранения.

Плоды перца сладкого относятся к продуктам с хорошей сохраняемостью, транспортабельны, долго сохраняют товарный вид, вкусовые качества и пищевую ценность [11-13]. Сравнительную оценку продукции проводили по показателям естественной убыли массы, поражению болезнями, визуальному качеству плодов и изменению химического состава.

Тенденция повышенной величины убыли массы отмечена для всех вариантов хранения, заложенных в полной биологической спелости (красные), что связано не только со степенью зрелости, но и устойчивостью к болезням, так как больные плоды интенсивней дышат. В процессе хранения были выявлены сле-

дующие болезни перца сладкого: мокрая бактериальная гниль (возбудитель *Pectobacterium carotovora*), серая гниль (возбудитель *Botrytis cinerea*), черная плесень плодов (возбудитель *Alternaria* sp.). В большей степени плоды перца сладкого поражались черной плесенью плодов.

После 35 суток в открытом ящике (t +6...9°C, ОВВ 80%), лучшей сохраняемостью характеризовались отечественный гибрид Натали F₁ (74,9%), выращенный с использованием мульчирующего материала черной пленки.

Использование мульчирующих материалов оказало положительный эффект во всех вариантах опыта, но из-за сортовой специфики и стадии спелости плодов при уборке давало разную прибавку сохраняемости, как правило, за счет увеличения устойчивости к болезням.

Таблица 4. Сохраняемость перца сладкого в зависимости от мульчирующего материала, сорта и стадии спелости после 35 суток хранения в открытом ящике

Table 4. Preservation of bell pepper depending on the mulching material, variety and stage of ripeness after in an open box after 35 days of storage

Агротехника выращивания (мульчирующий материал)	Гибрид	Стадия спелости	Выход товарной продукции, %	Абсолютный отход (потери от болезней), %	Убыль массы, %
Без мульчирования	F ₁ Натали	зеленые	69,8	25,7	4,5
		бурые	72,4	23,4	4,2
		красные	65,4	29,3	5,3
	F ₁ Анетта	зеленые	65,4	30,2	4,4
		бурые	72,1	23,6	4,3
		красные	60,2	33,9	5,9
Мульчирование черной пленкой	F ₁ Натали	зеленые	74,9	20,5	4,6
		бурые	78,9	16,9	4,2
		красные	68,9	25,6	5,5
	F ₁ Анетта	зеленые	71,3	23,9	4,8
		бурые	76,4	19,1	4,5
		красные	66,1	28,6	5,3
Мульчирование нетканым материалом (спандбонд)	F ₁ Натали	зеленые	72,6	22,6	4,8
		бурые	75,7	19,9	4,4
		красные	66,9	27,7	5,4
	F ₁ Анетта	зеленые	73,8	21,3	4,9
		бурые	75,9	19,5	4,6
		красные	64,2	30,5	5,3

Table 5. Effect of mulching material, hybrid and ripeness stage on the persistence of bell pepper

Таблица 5. Влияние мульчирующего материала, гибрида и стадии спелости на сохраняемость перца сладкого

Источник вариации	НСР ₀₅	Влияние факторов, %
Фактор А (мульчирующий материал)	4,51	20,60
Фактор В (гибрид)	3,68	5,22
Фактор С (стадия спелости)	4,51	70,06
Взаимодействие факторов А и В	6,37	1,71
Взаимодействие факторов А и С	7,81	1,14
Взаимодействие факторов В и С	6,37	1,27

В наших исследованиях во всех вариантах опыта лучшей сохраняемостью характеризовались плоды, заложенные на хранение бурыми, что не вполне согласуется с данными Магомедова Р.К. (2005). При изучении сохраняемости перца различной степени спелости им было определено, что товарный выход плодов снижается по мере перехода их в биологическую степень спелости. Так же установлено, что после 35 суток хранения при температуре +5...+7°C средний выход красных плодов сорта Подарок Молдовы и Лига были вдвое меньше по сравнению с зелеными и бурыми [14].

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что в решающее значение при хранении перца сладкого имеет стадия спелости плодов. На её долю приходилось 70,06% общего варьирования сохраняемости плодов (табл. 5). Фактор В (гибрид) имеет небольшое влияние на сохраняемость перца сладкого (5,22% от общего влияния), но учитывая высокую стоимость импортных семян, можно сделать вывод, что отечественный гибрид F₁ Натали, не уступающий зарубежным гибридам по сохраняемости плодов, имеет преимущества перед ними и обладает высокой конкурентоспособностью.

Выводы

1. Применение мульчирующих материалов способствовало повышению общей урожайности перца сладкого на 16,6-19,4% к контролю при высокой стандартности продукции в структуре урожая (97,4-98,5%).

2. Использование мульчирующих материалов положительно влияло на накопление сухого вещества, витамина С, моно-, ди-, суммы сахаров в плодах перца сладкого.

3. Отечественный гибрид Натали F₁, выращенный с использованием мульчирующего материала черной пленки, характеризовался лучшей сохраняемостью (74,9%) по сравнению с зарубежным гибридом Анетта F₁ (71,3%).

4. Плоды, заложенных в полной биологической спелости (красные), характеризовались повышенной величиной убыли массы во всех вариантах хранения.

5. Использование мульчирующих материалов имело положительный эффект на всех вариантах опыта, но преобладающее влияние оказывала стадия спелости закладываемых на хранение плодов.

Об авторах:

Елена Валерьевна Янченко – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и агрохимии, автор для переписки, elena_0881@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>

Джафар Исакович Енгальчев – научный сотрудник отдела технологий и инноваций, dzhafar84@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1356-9928>

Наталья Андреевна Енгальчева – младший научный сотрудник отдела защищенного грунта и грибоводства, anikeeva-nataliy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8950-7865>

Ксения Леонидовна Алексеева – доктор сельскохозяйственных наук, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления «Иммунитет и защита растений», alexenleon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-0256>

About the Authors:

Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Department of Agriculture and Agricultural Chemistry, Correspondence Author, elena_0881@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>

Djafar I. Engalychev – Researcher of the Department of Industrial Technologies and Innovations, dzhafar84@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1356-9928>

Natalia A. Engalycheva – Junior Researcher of the Department of Greenhouses Industry and Mushrooms Growing, anikeeva-nataliy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8950-7865>

Ksenia L. Alekseeva – Dc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, Head of the Research Division “Immunity and Plant Protection”, alexenleon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-0256>

• Литература

1. Антипова Н.Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021;8-1(59):81-84. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84>. EDN ATVZWZ.
2. Гиш Р.А. Культура перца. Краснодар: ЭДВИ, 2017. 400 с. ISBN 978-5-906563-32-3. EDN OMAUBH.
3. Пышная О.Н., Мамедов М.И., Джос Е.А. Выращивание перца сладкого в теплицах и открытом. *Овощи России*. 2010;(2):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2010-2-44-49>. EDN OYDTGD.
4. Пузевич К.Л., Коцуба В.И., Пузевич В.В., Филиппов А.И. Анализ способов мульчирования. *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. 2021;1(20):160-166. EDN AFERXX.
5. Королева С.В., Лазко В.Э., Козлова И.В. и др. Применение мульчирующей черной полимерной биоразрушаемой пленкой фирмы BASF на овощебахчевых. *Рисоводство*. 2020;1(46):71-77. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70>. EDN PWLZOT.
6. Соромотина Т.В., Федурин О.Н. Влияние мульчирующих материалов на агрофизические свойства почвы. *Аграрный вестник Урала*. 2012;12(104):4-6. EDN PXFDSZ.
7. Хазимов Ж.М., Хазимова К.М., Хазимов М.Ж. Исследование влажности и температуры почвы поля при механизированной технологии посадки рассады овощных культур с использованием мульчирующей пленки в период выращивания. Актуальные вопросы современной науки: Сборник статей по материалам XIII международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Томск, 19 июня 2018 года. Том Часть 1. Томск: Общество с ограниченной ответственностью Дендра, 2018. С.38-44. EDN XYSJRR.
8. Чефонов Н.В. Мульчирование почвы при выращивании капусты белокочанной позднеспелой при капельном орошении. *Овощи России*. 2014;(3):64-67. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-3-64-67>. EDN SYBBBT.
9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 650 с. EDN VVLERZ.
10. Широков Е.П., Палилов Н.А., Дьяченко В.С. и др. Методические указания по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей. М.: ВАСХНИИЛ, 1982. 33 с.
11. Симкин Д.Б., Исагулян Э.Л. Изменение химического состава перца сладкого сорта "Кореновский", убранный в технической и биологической стадии зрелости, при хранении. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2004;5-6(282-283):25-27. EDN PZMWTB.
12. Пивоваров В.Ф., Мамедов М.И., Пышная О.Н. и др. Содержание биологически активных веществ в плодах перца сладкого при различных условиях выращивания. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2009;(6):23-25. EDN KXWSSN.
13. Горюнова Ю.А., Чепахина Г.Н. Оптимизация антиоксидантного статуса плодов перца сладкого при хранении. *Вестник РГУ им. И. Канта*. 2008. Вып. 1. Естественные науки. С.96-98.
14. Магомедов Р.К. Агробиологическое обоснование транспортирования и хранения овощей в газовой среде. Москва, 2005. 54 с. EDN ZMHJVF.

• References

1. Antipova N.Yu. Dietary and medicinal properties of sweet pepper. *International Journal of the Humanities and Natural Sciences*. 2021;8-1(59):81-84. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84>. EDN ATVZWZ. (In Russ.)
2. Gish R.A. Pepper culture. Krasnodar: EDVI, 2017. 400 p. ISBN 978-5-906563-32-3. EDN OMAUBH. (In Russ.)
3. Pishnaya O.N., Mamedov M.I., Dzhos E.A. Cultivation technology for sweet pepper in a greenhouse and an open field. *Vegetable crops of Russia*. 2010;(2):44-49. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2010-2-44-49>. EDN OYDTGD.
4. Puzevich K.L., Kotsuba V.I., Puzevich V.V., Filipov A.I. Analysis of mulching methods. *Design, use and reliability of agricultural machines*. 2021;1(20):160-166. EDN AFERXX. (In Russ.)
5. Koroleva S.V., Lazko V.E., Kozlova I.V. et al. Application of mulching black polymeric biodegradable film from BASF on vegetable and melon crops. *Rice growing*. 2020;1(46):71-77. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2020-46-1-64-70>. EDN PWLZOT. (In Russ.)
6. Soromotina T.V., Fedurina O.N. Influence of mulching materials on the agrophysical properties of the soil. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012;12(104):4-6. EDN PXFDSZ. (In Russ.)
7. Khazimov Zh.M., Khazimova K.M., Khazimov M.Zh. Investigation of field soil moisture and temperature with mechanized technology of planting seedlings of vegetable crops using a mulching film during the growing period. Topical issues of modern science: Collection of articles based on the materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. In 3 parts, Tomsk, June 19, 2018. Volume Part 1. Tomsk: Dendra Limited Liability Company, 2018. P.38-44. EDN XYSJRR. (In Russ.)
8. Chefonova N.V. Mulching of soil at dropirrigating cultivation of late ripening white head cabbage. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(3):64-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-3-64-67>. EDN SYBBBT.
9. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M.: All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, 2011. 650 p. EDN VVLERZ. (In Russ.)
10. Shirokov E.P., Palilov N.A., Dyachenko V.S. Methodical instructions for conducting research work on the storage of vegetables. M.: VASKHNIIL, 1982. 33 p. (In Russ.)
11. Simkin D.B., Isagulyan E.L. Changes in the chemical composition of the sweet variety "Korenovsky" pepper, harvested at the technical and biological stage of maturity, during storage. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2004;5-6(282-283):25-27. EDN PZMWTB. (In Russ.)
12. Pivovarov V.F., Mamedov M.I., Pishnaya O.N. Content of biologically active substances in the fruits of sweet pepper under different growing conditions. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2009;(6):23-25. EDN KXWSSN. (In Russ.)
13. Goryunova Yu.A., Chepakina G.N. Optimization of the antioxidant status of sweet pepper fruits during storage. *Bulletin of the Russian State University I. Kant*. 2008. Issue 1. Natural Sciences. pp.96-98. (In Russ.)
14. Magomedov R.K. Agrobiological substantiation of transportation and storage of vegetables in a gaseous environment. Moscow, 2005. 54 p. EDN ZMHJVF. (In Russ.)

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
УДК 632.763.79

М.В. Ермак*, Н.В. Мацишина

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

*Автор для переписки: ermackmarine@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Ермак М.В., Мацишина Н.В. Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор). *Овощи России*. 2022;(6):97-103.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>

Поступила в редакцию: 01.08.2022

Принята к печати: 14.09.2022

Опубликована: 02.12.2022

Marina V. Ermak*, Nathalia V. Matsishina

FSBSI "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East A.K. Chaiki"
30 B, Volozhenina st., Timiryazevsky stl., Ussuriysk,
Primorsky krai, 692539, Russia

*Correspondence Author:
ermackmarine@yandex.ru

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions. All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Ermak M.V., Matsishina N.V. The potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): classification, morphology and harmfulness (review). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):97-103. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>

Received: 01.08.2022

Accepted for publication: 14.09.2022

Published: 02.12.2022

Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор)



Резюме

28-точечная картофельная коровка относится к подсемейству Epilachninae, которое включает в себя исключительно растительноядные виды насекомых. Картофельная коровка является серьезным вредителем картофеля юга Дальнего Востока. Кроме картофеля она сильно повреждает томат, огурец, тыкву, арбуз, кабачок, баклажан. Жуки и личинки выгрызают parenхимную ткань, скелетируют листья, вследствие чего листья желтеют и засыхают. Один жук съедает в среднем за день 15 см² площади листьев, а за весь срок жизни – 300-700 см². Личинка за время своего развития съедает 20-30 см² площади листьев, тем самым нанося вред растению и значительно снижая урожай. Имаго картофельной коровки небольшого размера (самцы – 4-6 мм, самки – 5-7 мм), тело выпуклое, овальное двуцветное. Надкрылья желтые или буроватые с 28 округлыми черными пятнами, некоторые пятна, в особенности вдоль шва, могут сливаться попарно. У самца окраска тела внизу светлее, чем у самки, переднегрудь, эпимеры средне- и заднегруды и вершинный край стернитов брюшка обычно желтые, реже затемненные. Анальный стернит брюшка с двувыемчатым изгибом. У самки низ тела черный, вершинный край анального стернита выпрямлен и с плоским вдавлением. У личинок тело овальное со множеством мелких волосков. Цвет тела сероватый, спинные хетоиды черные. Имеют 4 ряда спинных хетоидов, в зависимости от возраста личинки имеют разное количество отростков на хетоидах. Куколка свободная, светло-желтая, на вершине брюшка сохраняется личиночная шкурка. На спинной стороне грудных сегментов по два крупных черных пятна, на брюшных сегментах пятна мельче. По телу куколки разбросаны довольно длинные торчащие щетинки. Яйца картофельной коровки удлинённые, с заостренной вершиной и плоским основанием, желтого цвета. Поверхность яйца с характерной мелкоячеистой структурой.

Ключевые слова: картофельная коровка, имаго, личинка, куколка, вредоносность.

The potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): classification, morphology and harmfulness (review)

Abstract

The 28-spotted potato ladybird beetle belongs to the subfamily Epilachninae, which is comprised exclusively by phytophagous insects. The potato ladybird beetle is a dangerous pest of potato in the south of the Russian Far East. Besides potato, it causes damage to tomatoes, cucumbers, watermelons, marrows and eggplants. Adult beetles and larvae eat the parenchyma of leaves severely damaging them. As the result, leaves turn yellow and wither. One beetle can eat up to 15 cm² of leaf surface on average per day, and 300-700 cm² over its lifetime. A larva can eat from 20 to 30 cm² of leaf surface while developing. This significantly reduces the yield. The body of an adult beetle is small (males, 4-6 mm; female, 5-7 mm), dome-shaped, and elliptical. The elytra are yellow or brownish with 28 black round spots. Some spots, especially the ones along the line of junction, can partially merge. The color of the underside of male beetles is lighter than in females. Male beetles have yellow or less frequently darkened prothorax, mesothorax and metathorax, epimera, and the uppermost edge of the sternites of the abdomen. The anal sternite of the abdomen has a curve with two depressions. The underside of a female beetle is black. The uppermost edge of the anal sternite is straight and with a flat depression. The body of a larva is greyish, oval and with numerous setae. There are 4 rows of black chitinous spinules on the back. Depending on an instar, larvae have a different number of projections on the chitinous spinules. Pupae are exarate, light yellow, and have larval skin remnants at the apex of the abdomen. There are two large black spots on the backside of the thoracic segments. The spots on the abdominal segments are smaller. Fairly long protruding setae grow sparsely on the bodies of pupae. Eggs of the potato ladybird beetle are yellow, elongated, with a pointed apex and a flat bottom. The surface of an egg is characterized by a fine cellular structure.

Keywords: potato ladybird beetle, adult beetle, larva, pupa, harmfulness.

Введение

Божьи коровки (Coccinellidae) – одно из крупных семейств отряда жесткокрылых (Coleoptera), насчитывающее в мировой фауне более 5200 видов [1, 2]. Семейство кокцинеллиды (Coccinellidae) включает подсемейство Epilachninae (Coccinellinae), которое представлено растительноядными видами, распространенными преимущественно в странах с теплым и тропическим климатом [3]. В отличие от других подсемейств кокцинеллид это подсемейство состоит исключительно из фитофагов и включает опасных вредителей многих овощных культур [4]. На юге Дальнего Востока наибольший вред растениям семейства Пасленовых (Solanaceae) наносит картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch., 1857 [5]). Также возможно употребление следующих синонимов: *Epilachna vigintioctomaculata* [5], двадцативосьмипятнистая картофельная коровка, двадцативосьмиточечная коровка или эпиляхна; в зарубежной литературе используются – Hadda beetle, 28-spotted ladybird [6]. Картофельная коровка имеет следующее систематическое положение: класс Насекомые (Insecta), подкласс Крылатые насекомые (Pterygota), инфракласс Новокрылые (Neoptera), кланда Насекомые с полным превращением (Endopterygota), надотряд Coleopterida, отряд Жесткокрылые (Coleoptera), подотряд Разноядные жуки (Polyphaga), инфраотряд Кукуйиформные (Cucujiformia), надсемейство Кукуйиоидные (Cucujoidea), семейство Божьи коровки (Coccinellidae), подсемейство Coccinellinae, род *Henosepilachna*.

По строению головы, ротовых частей личинок и имаго, а также по образу жизни Epilachninae отличаются от других подсемейств Coccinellidae. Жуки картофельной коровки сравнительно небольшого размера (4-7 мм) (рис.1). Тело двухцветное, овальное, сильно выпуклое, полушаровидное [7]. Голова буро-рыжая, поперечная, плоская с верхней стороны, почти вертикально втянута в переднеспинку, поэтому малозаметна. Темя черное. Лоб желтый, черный или двуцветный, в 1,6 раза уже головы, слабовыпуклый. Усики 11-члениковые, булавовидные. Верхняя губа четырехугольная.



Рис. 1. Имаго картофельной коровки (фото авторов)
Fig. 1. An adult potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

Мандибулы многозубчатые, с 4 сильно сближенными зубцами. Максиллы с коротким стипесом, узкой лацинией, широкой галеа. Переднеспинка желтого цвета с черными пятнами (от 3 до 7), которые, сливаясь, могут зачернить ее полностью; вдвое шире длины, в 1,8 раза уже надкрылий. Боковой край переднеспинки спереди широко закруглен, сзади выпрямлен, задние углы тупые. Надкрылья яйцевидные, сзади сужены, конические. Надкрылья желтые или буроватые с 28 округлыми или более, или менее 4-угольными черными пятнами. Некоторые пятна, в особенности вдоль шва, могут сливаться попарно на том же надкрылье или на обоих.

Изменчивость окраски сводится к размеру пятен и количеству их слияний [8]. Наиболее диагностичной считается окраска надкрылий, пронотума и задних ног. Классификация пронотальных пятен и окраски конечностей картофельной коровки была предложена Dieke [9] по двенадцати моделям – от без пятен (модель A) до полностью черной (L) (рис.2). Цвет бедра разделен на восемь классов в соответствии с размером черного пятна (рис. 3).

Крылья удлинненные, широкие, у вершин закругленные, задний край почти на три четверти от основания имеет глубокую выемку, начиная от которой он покрыт маленькими, негусто посаженными волосками. В вершинном углу, сзади сгиба крыла, расположены два продолговатой формы пятна серого цвета [10]. Жилки хитинизированы, коричневого цвета, все крыло покрыто мелкими щетинками. Низ черный, иногда частично осветлен, ноги желтые, голени и бедра обычно с черны-

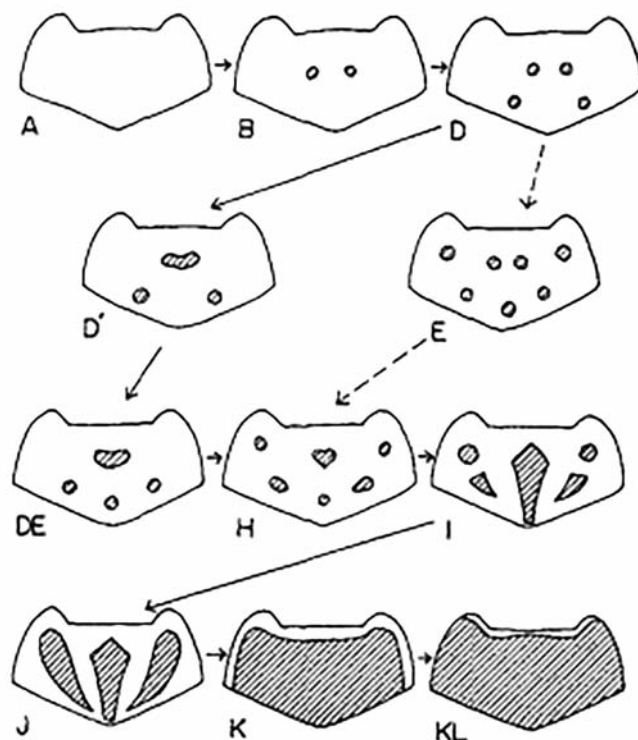


Рис. 2. Вариации рисунка пронотума (цит. по [9])
Fig. 2. The schematic representation of pronotum, variants (cited by [9])

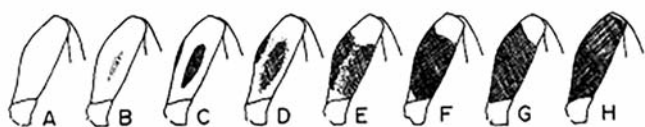


Рис. 3. Классификация цветовых моделей задней поверхности бедра картофельной коровки (цит. по [9])
Fig. 3. Color models of the rear surface of femur, classification (cited by [9])

ми пятнами, реже черные. Эпистерны заднегруди косо срезаны. У самца окраска тела внизу светлее, чем у самки, переднегрудь, эпимеры средне- и заднегруди и вершинный край стернитов брюшка обычно желтые, реже затемненные. Анальный стернит брюшка с двувывемчатым изгибом. У самки низ тела черный, вершинный край анального стернита выпрямлен и с плоским вдавлением. Генитальные пластинки овальные. Размер самцов 4-6 мм, самки крупнее (5-7 мм). Все голени со шпорами (рис 1, 4) [11].

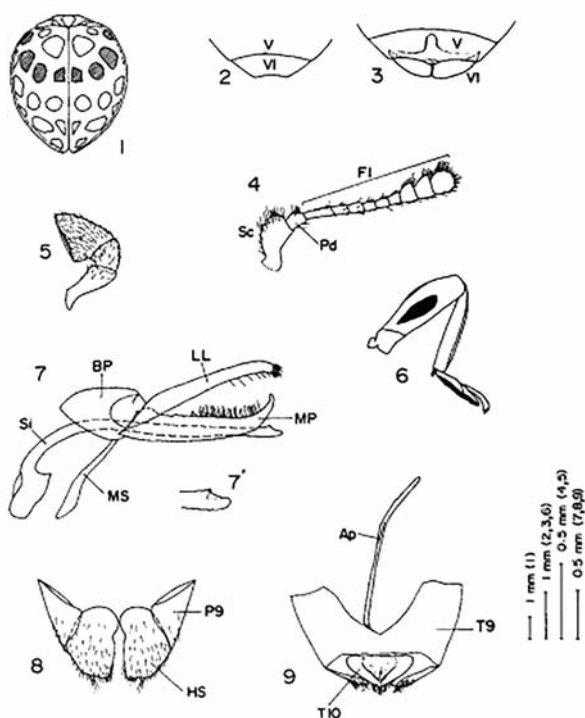


Рис. 4. Морфология картофельной коровки. Цит. по. [11]:
 1) вид со спины (пятна на надкрыльях, d-3-b-2 заштрихованы); 2 и 3) пятый и шестой видимые стерниты брюшка самца и самки; 4) вентральный вид левой антенны; 5) левый максиллярный пальпс в вентральном положении; 6) левая задняя лапка; 7) гениталии самца; 8) гениталии самки; 9) генитальные сегменты самца; BP- tegmen, базальная часть; LL- do, латеральная доля; MP-do, срединная часть; MS - do, срединная распорка; P9 - плеврит девятого абдоминального сегмента; HS - гемистернит; T-9 и 10 - девятый и десятый брюшные тергиты; Ap - апофиз девятого брюшного сегмента; Sc - лопасть; Pd - нога; FI - жгуттик

Fig. 4. The morphology of the potato ladybird beetle. Cited by [11]:
 1) back view (spots on the elytra, d-3-b-2 are shaded); 2 and 3) the 5th and 6th observable sternites of the abdomen of a male and a female beetle; 4) the ventral view of the left antenna; 5) the left maxillary palp in the ventral position; 6) the left hind leg; 7) the genitals of a male beetle; 8) the genitals of a female beetle; 9) the genital segments of a male beetle; BP- tegmen, basal part; LL- do, lateral lobe; MP-do, median part; MS - do, median strut; P9 - the pleuron of the ninth abdominal segment; HS - hemisternite; T-9 and 10 - the 9th and 10th abdominal terga; Ap - the apophysis of the ninth abdominal segment; Sc - scape; Pd - pedicel; FI - funicle



Отрождающиеся личинки
 Emerging larvae



Личинка I возраста
 The 1st instar

Рис. 5. Отрождающиеся личинки и личинка I возраста картофельной коровки (фото авторов)
Fig. 5. Emerging larvae and the 1st instar of the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

У личинок подсемейства Epilachninae тело овальное, эпикраниальный и фронтотрипеальный швы хорошо развиты, фронтальный шов Y-образной формы. Мандибулы с 4-5 большими зубцами. Галеа очень крупная, на вершине усечена, с множеством мелких волосков [12]. Личинки первого возраста очень мелкие, длиной до 1,5 мм (рис. 5). Цвет тела сероватый. Спинные хетоиды черные. Нижний ряд боковых хетоидов брюшка, ноги и щупики грязно-желтые. Хетоиды 4 спинных рядов брюшка несут по три щетинки [13].

Личинки третьего возраста длиной до 3,5 мм (рис. 6). Окраска тела грязно-желтая, хетоиды 4 спинных рядов брюшка имеют по 7 отростков. На нижних боковых рядах 2-3-го грудного и 1-6-го брюшных сегментов



II возраст
The 2nd instar



III возраст
The 3^d instar

Рис. 6. Личинки II и III возраста картофельной коровки (фото авторов)
Fig. 6. The 2nd and 3^d instar of the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)



IV возраст
The 4th instar



Предкуколка
Pre-pupa

Рис. 7. Личинка IV возраста и предкуколка картофельной коровки (фото авторов)
Fig. 7. The 4th instar and a pre-pupa of the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

появляются ветвящиеся хетоиды с 3-6 отростками [14]. Личинки четвертого возраста длиной 5,5 мм, светло-желтые (рис.7). Первый грудной сегмент на переднем крае имеет 4 хетоида. Между наружными и внутренними хетоидами имеется по одной направленной вперед грубой щетинке. Задний край 1-го грудного сегмента покрыт короткими щетинками. На 2-3-м грудных и 4-11-м брюшных сегментах хетоиды расположены в шесть продольных рядов. Из них два внутренних 1-го грудного сегмента расположены на переднем крае и имеют по 12 отростков, а наружные по 14. Все остальные хетоиды несут по 10-12 больших отростков и 4-5 маленьких, находящихся у основания хетоидов. Голова сзади закруглена, снабжена многочисленными щетинками, на ней имеется 3 треугольных пятна темного цвета [14].

Половая система самок картофельной коровки имеет два яичника, занимающих у взрослых насекомых всю полость брюшка. Личиночные яичники состоят из скопления мелких митотических клеток мезодермального происхождения. Закладка овариол и образование гермария происходит с ростом зародышевых клеток. Оогенез у картофельной коровки начинается в конце 4-го личиночного возраста. В этот момент парные яичники самок состоят из яйцевых трубок, окруженных соединительнотканной оболочкой. Почти всю овариолу занимает гермарий, заполненный оогониями и соматическими мезодермальными клетками. Это так называемая зародышевая зона. Митотическое деление оогоний происходит до фазы предкуколки включительно. Кукольная фаза характеризуется прекращением деле-



Рис. 8. Куколка картофельной коровки (фото авторов)
Fig. 8. A pre-pupa of the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

ния оогоний и превращением их в ооциты. Непосредственно за этим ядро ооцита проходит ряд характерных изменений, носящих общее название профазы мейоза, в течение которых хромосомы претерпевают последовательные превращения [15].

На 4-й день кукольного развития большая часть клеток гермария находится на зиготенной стадии, характеризующейся подготовкой к конъюгации хромосом. В апикальном конце яйцевой трубки небольшое количество клеток все еще на стадии лептономы, а на границе зародышевой зоны и префолликулярной ткани часть клеток уже на пахитенной стадии. Куколка развивается в лабораторных условиях в течение 5 дней [15,16].

Жуки нового поколения в первые дни жизни имеют мягкие покровы светло-желтого цвета. Их яичники

небольшие, компактные, покрыты соединительнотканым чехликом, под которым расположены многочисленные телотрофические овариолы. Число последних непостоянно и колеблется от 22 до 38 (рис 9). Основная масса клеток в зародышевой зоне овариол находится на пахитенной стадии. В первый день жизни жука происходит дифференцировка клеток на трофоциты и ооциты. Ооциты мигрируют из зародышевой зоны в префолликулярную ткань, располагаясь там плотным скоплением. Фолликулярные клетки группируются вокруг ооцитов, образуя впоследствии фолликул, который постепенно вытесняется в вителлярный [15]. На 3-й день жизни жука ядра питающих клеток превышают размерами ядра ооцитов в 1,5-2 раза и резко отличаются от них своей морфологией. В плоских ядрах трофоцитов видна крупная сетка из гетерохроматина, образовавшаяся в результате эндомитоза хромосом. В отличие от питающих клеток ядра ооцитов пузыревидные, светлые, прозрачные, с тонкими длинными диплохроматинами. От питающей камеры к ооцитам идут трофоплазматические тяжи. Фолликулярные клетки вокруг ооцита делятся митотически, образуя эпителий. На 4-1 день половое созревание жуков обычно заканчивается, к этому моменту кожные покровы твердеют, и жуки начинают спариваться [15].

После спаривания яичники продолжают развиваться. На 7-й день первая яйцевая камера окончательно сформировывается, окружающие ооцит клетки многослойного фолликулярного эпителия интенсивно делятся. Свободные префолликулярные клетки начинают группироваться вокруг следующего ооцита. На 15-й день самки приступают к откладке яиц. В овариолах в этот момент кроме зрелого яйца имеются по два сформировавшихся фолликула, к которым идут трофоплазматические тяжи, и третья яйцевая камера, только начинающая формироваться (рис.9) [15].

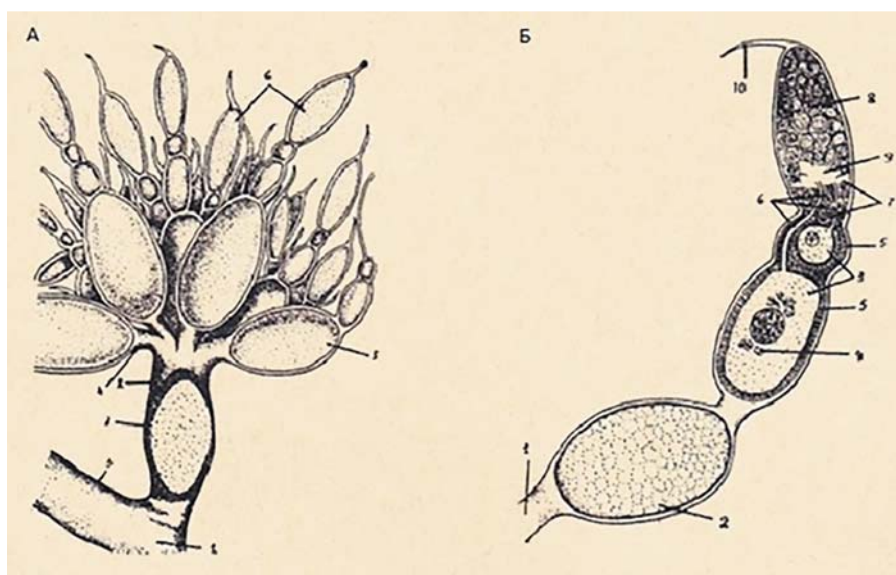


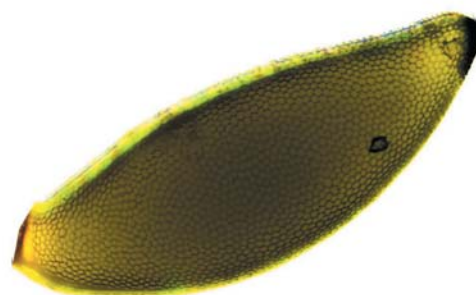
Рис. 9. Яичник взрослой самки 28-пятнистой картофельной коровки: А) Общий вид парного яичника взрослой самки, где 1 – непарный яйцевод; 2 – парные яйцеводы; 3 – зрелое яйцо; 4 – основание яйцевой трубки; 5 – развивающиеся ооциты; 6 – гермарий; Б) Яйцевая трубка яичника взрослой самки 28-пятнистой картофельной коровки, где 1 – основание яйцевой трубки; 2 – зрелое яйцо; 3 – ооциты в стадии роста; 4 – начало желтообразования; 5 – фолликулярный эпителий; 6 – трофоплазматические тяжи; 7 – префолликулярная ткань с ооцитами; 8 – трофоциты; 9 – трофическая камера; 10 – концевая нить (цит. по [15])

Fig. 9. An ovary of an adult female beetle: A) The general view; 1 – common oviduct; 2 – lateral oviducts; 3 – a mature egg; 4 – calyx; 5 – developing oocytes; 6 – germarium; B) Ovariole; 1 – calyx; 2 – a mature egg; 3 – developing oocytes; 4 – the beginning of vitellogenesis; 5 – follicular epithelium; 6 – nutritive chords; 7 – prefollicular tissue with oocytes; 8 – nurse cells (trophocytes); 9 – trophic clear space; 10 – terminal filament (cited by [15])



А

А



Б

В

Рис. 10. Яйца картофельной коровки (фото авторов)

А – Дорсо-саггитальное изображение, Б – Латеральное изображение

Fig. 10. Eggs of the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

A – dorsal-sagittal view; B – lateral view



Рис.11. Повреждения картофельной коровкой (фото авторов)

Fig. 11. Damage caused by the potato ladybird beetle (Source: Photo by the authors)

Картофельная коровка является серьезным вредителем картофеля юга Дальнего Востока. Кроме картофеля картофельная коровка сильно повреждает томаты, огурцы, тыкву, арбузы, кабачки, баклажаны. Питание жуков на бахчевых культурах проходит весной и осенью, а летом жуки и личинки питаются главным образом листьями картофеля. Жуки и личинки выгрызают parenchymatous tissue, скелетируют листья. Повреждения имеют вид "дорожек", идущих в разных направлениях от жилок, места повреждения приобретают сетчатый вид (рис. 11).

В дальнейшем под воздействием роста ткани и влиянием ветра эпидермис разрывается, выкрашивается. Листья желтеют и засыхают. Один жук съедает в среднем за день 15 см² площади листьев, а за весь срок жизни – 300-700 см². Личинка за время своего развития съедает 20-30 см² площади листьев. Около 80% этого количества поедает личинка четвертого возраста [17] По данным А.Н. Ивановой [18] личинка за период своего развития съедает 21,2 см² листовой поверхности. Одна личинка IV возраста за день съедает в среднем более 3 см² листа. В отдельные годы листовая поверхность картофеля повреждается на 20-100%. Уничтожение листьев приводит к резкому снижению урожая. Даже при низкой численности вредителя в период появления всходов (0,2-0,5 особей на растение) к концу июля – началу августа все листья сплошь оказываются скелетированными, и урожай снижается в 1,5-3 раза. Картофель наиболее чувствителен к повреждениям в начале образования клубней, которое у скороспелых сортов происходит спустя 20-30 дней после появления всходов, а у остальных – через 30-40 дней. В опытах А.Н. Ивановой [19], в условиях Приморского края, при посадке под изоляторы на 20-суточный картофель 2-х пар жуков урожай снижался на 57,8%, а при посадке 3-х пар – на 82,5%. Она установила, что повреждение листьев раннего картофеля на 28% снижает урожайность на 15,5%, а со степенью повреждения 44,3% урожай клубней снижается на 20,7%. Активный период питания личинок картофельной коровки по времени совпадает с формированием

клубней картофеля. Основной вред картофелю наносят личинки III и IV возрастов. Вредоносность личинок *Henosepilachna vigintioctomaculata* старших возрастов помимо высокой интенсивности питания усугубляется тем, что период вредоносности личинок приходится на основную фазу развития картофеля – клубнеобразование. Чем выше численность вредителя в этот период, тем больше съедаемая ассимиляционная поверхность листьев и, следовательно, причиняемый вред. По данным В.Н. Кузнецова [20] урожай снижается на 30-50%, при этом уменьшается размер клубней и содержание в них крахмала на 3-5%. По данным Sharmaetal [21], а также Kawazu [22] питание картофельной коровки на баклажанах, томатах, перцах, огурце и люфе приводит к потере 60% урожая. А.Н. Иванова [18] выделяет три зоны вредоносности картофельной коровки. К первой (зона постоянной и массовой вредоносности) автор относит Шкотовский, Анучинский, Яковлевский районы

и посадки картофеля, расположенные в окрестностях городов Владивостока, Артема, Арсеньева. Ко второй зоне (зона неустойчивого вреда) А.Н. Ивановой отнесены Хасанский, Черниговский, Чугуевский, Лесозаводский, Пожарский, Партизанский, Лазовский, Тернейский районы. Третья зона (зона спорадического вреда) включает Спасский, Хорольский, Ханкайский, Пограничный, Октябрьский, Уссурийский районы.

Таким образом, картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* является основным вредителем посадок картофеля на юге Дальнего Востока, при этом повреждая другие виды семейства Пасленовые, а также Тыквенных и Бахчевых. Повреждая картофель в период клубнеобразования, приводит к значительному снижению урожайности. Относится к насекомым с полным превращением и имеет ряд особенностей в строение головы, ротовых частей личинок и имаго, а также в образе жизни.

Об авторах:

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

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

About the Authors:

Marina V. Ermak – Junior Researcher, Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops, Correspondence Author, ermackmarine@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-37278634>

Nathalia V. Matsishina – Cand. Sci. (Biology), Laboratory of Breeding and Genetic Research on Field Crops, mnathalie134@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0165-1716>

• Литература / References

1. Katoh T., Koji S., Ishida T.A., Matsubayashi K. W., Kahono S., Kobayashi N., Furukawa K., Bui Tuan Viet, Vasconcellos-Neto J., Lange C.N., Goergen G., Nakano S., Li Nan-Nan, Yu Guo-Yue, Katakura H. Phylogeny of Epilachna, *Henosepilachna*, and Some Minor Genera of Phytophagous Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellinae: Epilachnini), with an Analysis of Ancestral Biogeography and Host-Plant Utilization. *Zoological Science*. 2014;31(12):820–830. <https://doi.org/10.2108/zs140088>
2. Katakura H. Species of Epilachna ladybird beetles. *ZoolSci*. 1997;14(6):869–881. <https://doi.org/10.2108/zsj.14.869>
3. Szawaryn K. A new species of *Henosepilachna* Li (Coleoptera: Coccinellidae: Epilachnini) from New Guinea. *Ann Zool*. 2011;61(4):685–689. <https://doi.org/10.3161/000345411X622525>
4. Hirai Y., Kobayashi H., Koizumi T., Katakura H. Field-cage experiments on host fidelity in a pair of sympatric phytophagous ladybird beetles. *EntomolExpAppl*. 2006;118:129–135. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00365.x>
5. Motschulsky de V. Insectes du Japon. *Études Entomologiques*. 1858;6:25–41.
6. ICZN. International Code of Zoological Nomenclature, 4th ed. The International Trust for Zoological Nomenclature. London, 1999.
7. Maki T. On the Honshu and the Hokkaido forms of the potato lady beetle, *Epilachna vigintioctomaculata* Motschulsky. *Jour. Fac. Agric. Iwate Univ*. 1966;(8):141–153.
8. Liu C. L. 1963. Economic Insects of China. 5. Coleoptera-Coccinellidae., Peking; 1963. 101 pp.
9. Dieke G.H. Ladybeetles of the genus *Epilachna* (Sens. Lat.) in Asia, Europe, and Australia. *Smithsonian Miscellaneous Collections*. 1947;106(15):1–180.
10. Takahashi S. Studies on Epilachna lady beetles in Japan. *Jour. Tokyo NogyoDaigaku*. 1932;(3):1–113.
11. Katakura H. Classification and Evolution of the Phytophagous Ladybirds Belonging to *Henosepilachna vigintioctomaculata* Complex (Coleoptera, Coccinellidae). *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool*. 1981;22(4):301–375.
12. Katakura H., Nakano S., Kahono S., Abbas I., Nakamura K. Epilachnine ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) of Sumatra and Java. *Tropics*. 2001;10(3):325–352. <https://doi.org/10.3759/tropics.10.325>
13. Li C.S., Cook E.F. The Epilachninae of Taiwan (Col.: Coccinellidae). *Pacific Insects*. 1961;3(1):31–91.
14. Kuwayama S. Insect Fauna of the Southern Kurile Islands. 225pp Hokunoukai: Sapporo; 1967. 225 p.

15. Вронских Г.Д. Гистоморфологическое исследование гонад самок 28-точечной картофельной коровки и некоторые вопросы её биологии. *Бюлл. ВИЗР*. 1974;28:55–58. [Vronskikh G.D. A histological study on the gonads of females of the 28-spotted potato ladybird beetle and some questions on its biology. *The bulletin of the All-Russian institute of plant protection*. 1974;(28):55–58. (In Russ.)]
16. Katakura H., Nakano S., Hosogai T., Kahono S. Female internal sperm reproductive organs, models of sperm transfer, and phylogeny of Asian Epilachninae (Coleoptera: Coccinellidae). *J Nat Hist*. 1994;28(3):577–583. <https://doi.org/10.1080/00222939400770261>
17. Коваленко Т.К. Устойчивость сортов картофеля к картофельной коровке *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.). *Дальневосточный аграрный вестник*. 2018;4(48):82–88. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14084>. EDN YUNQUH/[Kovalenko T.K. Resistance of potato varieties to the potato ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2018;4(48):82–88. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14084>. EDN YUNQUH (In Russ.)]
18. Иванова А.Н. Картофельная коровка на Дальнем Востоке. Владивосток, 1962. 54 с. [Ivanova A.N. The potato ladybird beetle in the Russian Far East. Vladivostok, 1962. 54 p. (In Russ.)]
19. Иванова А.Н. Вредоносность картофельной коровки и эффективность мероприятий по борьбе с ней. Первая науч.-практ. конф. Приморского с.-х. ин-та. Уссурийск, 1961. С.39–41. [Ivanova A.N. The harmfulness of the potato ladybird beetle and the effectiveness of pest control measures against it. The 1st scientific and practical conference of Primorsky agricultural institute. Ussuriysk, 1961. P.39–41. (In Russ.)]
20. Кузнецов В.Н. Кокциnellиды (Coleoptera, Coccinellidae) Дальнего Востока России: автореф. дис. д-ра биол. наук. Владивосток: Дальнаука; 1997. 48 с. [Kuznetsov V.N. Ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) of the Russian Far East: thesis for the degree of the Doctor of Biology. Vladivostok: Dalnauka; 1997. 48 p. (In Russ.)]
21. Sharma A., Thakur A., Kaur S., Pati P.K. Effect of *Alternaria alternata* on the coccinellid pest *Henosepilachna vigintioctopunctata* and its implications for biological pest management. *J. PestSci*. 2012;85:513–518. <https://doi.org/10.1007/s10340-012-0432-3>
22. Kawazu K. Rearing the 28-spotted ladybird beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), with a switchover from host plant leaves to artificial diet. *Appl. Entomol. Zool*. 2014;(49):359–362. <https://doi.org/10.1007/s13355-014-0250-6>

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-104-112>
УДК 633/.635:632.95:581.143.043

Н.Е. Федорова*, М.В. Егорова,
А.С. Родионов, Ю.Ю. Богданова

Федеральное бюджетное учреждение науки
«Федеральный научный центр гигиены
им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по
надзору в сфере защиты прав потребителей и
благополучия человека
141014, Россия, Московская обл.,
г. Мытищи, ул. Семашко, 2

*Автор для переписки: analyst1@yandex.ru,
fedorovane@fferisman.ru

Финансирование. Исследование
не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Федорова Н.Е., Егорова М.В.,
Родионов А.С., Богданова Ю.Ю.
Изучение аккумуляционной способности сельско-
хозяйственных культур при исследовании динами-
ки остаточных количеств медьсодержащих пести-
цидов. *Овощи России*. 2022;(6):104-112.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-104-112>

Поступила в редакцию: 16.09.2022

Принята к печати: 21.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Natalia E. Fedorova*, Marina V. Egorova,
Alexander S. Rodionov, Julia J. Bogdanova

«Federal scientific center of Hygiene» named after
F.F. Erisman of the Federal Service of Surveillance
in the Sphere of Consumer Rights Protection and
Human Welfare
2, st. Semashko, Mytishchi, Moscow region,
141014, Russia

*Correspondence Author: analyst1@yandex.ru,
fedorovane@fferisman.ru

Funding. The study did not have sponsorship.
Conflict of interest. The authors declare no conflict
of interest.

Conflict of interest. The authors have no conflicts
of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have
contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Fedorova N.E., Egorova M.V.,
Rodionov A.S., Bogdanova Ju.J. Investigation of accu-
mulation ability of crops in point of dynamics of resid-
ual quantities if copper-containing pesticides.
Vegetable crops of Russia. 2022;(6):104-112. (In
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-104-112>

Received: 16.09.2022

Accepted for publication: 21.10.2022

Published: 02.12.2022

Изучение аккумуляционной способности сельскохозяйственных культур при исследовании динамики остаточных количеств медьсодержащих пестицидов



Резюме

Актуальность. Исследования остаточных количеств пестицидов, являющиеся неотъемлемой частью регистрационных испытаний, представляют особый интерес с точки зрения гигиенической безопасности употребления в пищу овощных культур, выращенных с применением защитных препаратов.

Методология. Используемая процедура анализа включает в себя разработанный авторами подход, основанный на микроволновом разложении образцов после криогомогенизации с последующим анализом методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. Используемые подходы позволяют проследить динамику содержания меди в плодах картофеля, томата, огурца, лука, в течение вегетационных периодов 2020-2021 годов в различных почвенно-климатических зонах.

Результаты. Показано, что обработка медьсодержащими препаратами не сказывается на содержании меди в исследуемых культурах на протяжении всего опыта, за исключением дня отбора непосредственно после проведения обработки. При этом достоверные превышения по сравнению с контрольными образцами наблюдаются в опытах, где исследуется надземная часть культур. Так, например, содержание меди в образцах томата в 2020 году, отобранных в день последней обработки, составило $0,61 \pm 0,16$ мг/кг и $0,47 \pm 0,08$ мг/кг в опытной и контрольной пробе соответственно. В 2021 году тенденция сохраняется, а концентрация меди в день последней обработки составила $0,80 \pm 0,15$ мг/кг и $0,64 \pm 0,12$ мг/кг соответственно в опытной и контрольной пробах. При исследовании лука, обрабатываемого препаратом на основе оксихлорида меди, концентрация меди в целом растении (листья + луковицы) в день обработки в 2020 году составила $8,5 \pm 1,1$ мг/кг в опытной и $0,43 \pm 0,18$ мг/кг в контрольной пробе. В 2021 году концентрация меди в опытной пробе, отобранной в день последней обработки, составила $14,1 \pm 3,8$ мг/кг, в контрольной пробе – $1,1 \pm 0,2$ мг/кг соответственно.

Ключевые слова: медьсодержащие пестициды; растительные продукты; атомно-абсорбционный анализ, микроволновая минерализация, микроэлементы в растениях

Investigation of accumulation ability of crops in point of dynamics of residual quantities if copper-containing pesticides

Abstract

Relevance. Study of pesticide residues is an integral part of registration tests. It is present a particular interest in terms of hygienic safety of eating vegetable crops grown with use of protective agents.

Methods. The analysis procedure includes an approach developed by the authors, based on microwave digestion of samples after cryo-destruction, followed by analysis by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomisation. The approaches used in research, allow us to trace the dynamics of copper content in fruits of potatoes, tomatoes, cucumbers and onions, during the vegetation periods of 2020-2021 in different soil and climatic zones.

Results. It is shown that treatment with copper-containing preparations does not affect the content of copper in fruits of the studied crops during the whole experiment, except for the day of sampling immediately after the treatment. At the same time, reliable excesses in comparison with control samples are observed in experiments, where the aboveground part of crops is investigated. For example, the content of copper in tomato fruits in 2020, taken on the day of the last treatment, was 0.61 ± 0.16 mg/kg and 0.47 ± 0.08 mg/kg in the experimental and control samples, respectively. In 2021, the trend continued and copper concentration on the day of treatment was 0.80 ± 0.15 mg/kg and 0.64 ± 0.12 mg/kg respectively in the experimental and control samples. In the study of onion treated with copper oxychloride-based preparation, the concentration of copper in the whole plant (leaves + bulb) on the day of treatment in 2020 was 8.5 ± 1.1 mg/kg in the experimental sample and 0.43 ± 0.18 mg/kg in the control sample. In 2021, the copper concentration in the experimental sample collected on the treatment day was 14.1 ± 3.8 mg/kg and in the control sample was 1.1 ± 0.2 mg/kg respectively.

Keywords: copper-containing pesticides, plant products, atomic absorption analysis, microwave mineralization, microelements in plants

Введение

Почва является ключевым ресурсом, который загрязняется избытком меди, попадающей в нее из материнских пород и в результате техногенной деятельности, и является одним из основных источников загрязнения металлом, особенно в результате применения агрохимикатов.

В частности, агрохимикаты на основе меди, такие как удобрения и пестициды, предназначенные для борьбы с вредителями растений, широко используются в сельскохозяйственной практике и могут служить причиной повышенных содержаний меди в плодах. Вместе с тем известно, что многократное применение подобных препаратов приводит к чрезмерному накоплению меди в почве, что может оказывать влияние на ее биологическую активность и впоследствии приводить к загрязнению грунтовых вод.

Медь как микроэлемент является участником многих физиологических и биохимических процессов в растениях. Медь необходима для реализации процессов фотосинтеза и дыхания, играет важную роль в процессах транскрипции белков, окислительного фосфорилирования и т.д. Поддержание уровней меди в диапазоне естественных концентраций необходимо растениям для нормального развития и роста, а ее дефицит или избыточное содержание может иметь выраженный токсический эффект, отражающийся в прерывании транспорта электронов через систему фотосинтеза II (PS^{II}). Реакционный центр PS^{II} состоит из гетеродимера двух интегральных мембранных белков, названных D₁ и D₂, которые связывают простетические группы переноса электронов, такие как P₆₈₀, феофитин и пластохинон. PS^{II} использует энергию света для запуска двух химических реакций - окисления воды и восстановления.

Комплекс фотосистемы II состоит из более чем пятнадцати полипептидов и по меньшей мере девяти различных окислительно-восстановительных компонентов (хлорофилл, феофитин, пластохинон, тирозин, Mn, Fe, цитохром b559, каротиноиды и гистидин). Однако известно, что только пять из этих окислительно-восстановительных компонентов участвуют в переносе электронов от молекул воды к пулу пластохинона. Существуют также окисляющий воду кластер марганца, аминокислота тирозин, хлорофилл реакционного центра (P₆₈₀), феофитин и молекулы пластохинона, Q_A и Q_B. Ингибирование выделения кислорода, сопровождающееся тушением переменной флуоресценции, является наиболее очевидным эффектом токсического действия меди на PS^{II} [1].

Степень выраженности токсического эффекта во многом обусловлена механизмами транспортировки меди в растениях и способностью ее накопления отдельными частями растений, что опосредованно влияет на потребление данного микроэлемента человеком.

Медь является необходимым элементом также для животных и человека. Здоровому взрослому человеку необходимо поступление меди в количестве 0,9 мг в день [2]. Она встречается в большом количестве ферментов, например, в цитохром-с-оксидазе, в содержащем медь и цинк ферменте супероксиддисмутазе и в переносящем молекулярный кислород белке гемоглобина.

В токе крови медь переносится главным образом белком церулоплазмином.

Предполагается, что медь и цинк конкурируют друг с другом в процессе усваивания в пищеварительном тракте, поэтому избыток одного из этих элементов в пище может вызвать недостаток другого элемента.

Избыток меди в организме человека может вызывать медную интоксикацию в различной степени, приводящую к серьезным последствиям: циррозу печени, неврологическим расстройствам, острой почечной недостаточности, депрессии и даже коме.

При недостатке меди в хондро- и остеобластах снижается активность ферментных систем и замедляется белковый обмен, в результате замедляется и нарушается рост костных тканей.

Для растений медь может иметь выраженный токсический эффект, даже когда она присутствует в концентрациях, лишь немного превышающих ее оптимальный уровень. Основное накопление меди происходит в корнях, хотя при очень высоких внешних концентрациях может происходить транслокация в побеги, в результате, при достижении токсичных уровней медь может нарушать многие физиологические процессы в надземных органах растений.

Пороги токсичности меди для растений весьма изменчивы, верхний токсический уровень обычно варьируется от 0,02 до 0,1 мг/г меди в листьях [3].

В загрязненных медью почвах растения справляются с потенциальным стрессом разными способами. Некоторые виды растений применяют стратегию исключения, чтобы избежать чрезмерного поглощения и переноса ионов металла. Эти растения обычно накапливают относительно низкие концентрации металлов в своих тканях, даже при выращивании на сильно загрязненных почвах.

Напротив, растения - аккумуляторы могут накапливать большие количества тяжелых металлов в растительных тканях, даже в надземных частях [4]. Зная стратегию поглощения металлов, накопления и толерантности определенного вида, можно оценить его потенциал для использования в восстановлении растительности на загрязненных почвах или даже для фитоэкстракции металлов в сильно загрязненных районах [5]. Было обнаружено, что ряд водно-болотных растений активно растет на различных загрязненных металлами участках, что указывает на наличие у этих видов определенной степени устойчивости к металлам. Так, например *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss. является вечнозеленым растением семейства плюмбаговых, достигающим от 50 до 120 см в высоту. Он растет на болотах, а также на песчаных и каменистых почвах прибрежных районов и солончаков Средиземноморья и юга Португалии [6]. В нескольких эстуариях Пиренейского полуострова *L. monopetalum* растет в отложениях с чрезвычайно высокими концентрациями металлов. В совместном эстуарии рек Тинто и Одиель (ЮВ. Испания), одной из самых загрязненных зон в мире по содержанию тяжелых металлов, *L. monopetalum* может произрастать в отложениях, содержащих 300-3,000 ppm меди. Более того, египетские исследователи [7] обнаружили, что этот вид способен выживать в присутствии тяжелых металлов (таких как Ni и Pb) в тканях растений. Эта особен-

ность, в сочетании с высокой продуктивностью и низкой скоростью разложения листьев этого вида, а также его способностью к укоренению в широком разнообразии экосистем, указывает на то, что *L. Monopetalum* может быть пригоден для использования в технологиях фиторемедиации.

С гигиенической точки зрения особый интерес представляют исследования остаточных количеств пестицидов, применяемых для защиты растений с целью предотвращения негативного воздействия на организм человека. Таким образом, установление корреляций между обработками и фактическим изменением содержания действующего вещества в растениях очень важно при обосновании безопасности применения препарата. Поэтому вывод о наличии негативного эффекта для потребителя, вызванного избыточным накоплением меди в растениях, связанным с обработками пестицидными препаратами, играет значительную роль при проведении регистрационных испытаний.

Однако, процессы распределения меди в растениях, обусловленные ее аккумуляцией из внешней среды, а также механизмы поддержания концентраций металла, необходимых и достаточных для протекания жизненно важных клеточных процессов, остаются слабо изученными.

Результаты исследований, посвященных изучению гомеостаза меди в растениях, показывают, что корневая система, являясь своеобразным барьером для поступления меди в побег, поглощает от 60 до 80% общего содержания меди в растении. Как правило, медьсодержащие препараты представляют собой фунгициды контактного противогрибкового действия, наносимые на поверхность растений до начала прорастания спор. При этом с поверхности растений фунгициды довольно легко смываются водой или уносятся в результате ветрового воздействия, но особый интерес представляет поступление меди в растение из почвы и через покровные ткани плодов в период вегетации культуры. В свою очередь установлено, что способность транспортировки меди в плоды сильно зависит и от изучаемой культуры [8].

Таким образом, взаимосвязь между обработками медьсодержащими фунгицидами и изменением содержания меди в плодах в процессе их развития представляется предметом более глубокого изучения.

Цель работы. Обоснование безопасности продукции после применения медьсодержащих пестицидов на основе изучения динамики остаточных количеств действующих веществ и их накопления в товарной части обрабатываемых сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбрано несколько видов культур, различающихся по морфологии и агротехнике – корнеклубнеплоды (картофель), луковичные (лук на репку), пасленовые (томат) и тыквенные (огурец). Выбранные культуры представляются наиболее удобными при изучении влияния обработок сред-

ствами защиты растений на аккумуляцию меди ввиду кардинальных различий в степени контакта препарата с органами растений, употребляемыми в пищу.

Отбор проб проводили в течение сезонов 2020-2021 годов в трех различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации. Обработка культур проводилась препаратами на основе сульфата и оксихлорида меди, трехкратно, при норме расхода по действующему веществу 198,9 г/га для сульфата меди (в пересчете на медь) и 592,1 г/га для оксихлорида (в пересчете на медь). Подробные условия проведения агротехнических мероприятий приведены в таблице 1.

Отбор образцов картофеля при обработке препаратом на основе меди сульфата производили через 0, 5, 10, 15, 20 дней после последней обработки¹. В качестве образцов для исследования, отбираемых в день обработки препаратом, выступали пробы картофельной ботвы, в последующие сроки – клубни картофеля.

Отбор образцов огурца при обработке препаратом на основе меди оксихлорида проведен через 0, 1, 2, 3 и 4 дня после 1-й обработки препаратом; через 0, 1, 2, 3 и 4 дня после 2-й обработки препаратом и через 0, 1, 2, 3, 4, 7 и 10 дней после 3-й обработки препаратом

Отбор образцов томата при обработке препаратом на основе меди сульфата производился через 0, 5, 10, 15, 20 после последней обработки, при обработке препаратом на основе меди оксихлорида – через 0, 1, 2, 3 и 4 дня после 1-й обработки препаратом; через 0, 1, 2, 3 и 4 дня после 2-й обработки препаратом и через 0, 1, 2, 3, 4, 7 и 10 дней после 3-й обработки препаратом.

Отбор образцов лука при обработке препаратом на основе меди сульфата проводился через 0, 5, 10, 15, 20 дней после последней обработки, при обработке препаратом на основе меди оксихлорида – через 0, 3, 5, 7 и 10 дней после последней обработки. В качестве образцов для исследования, отбираемых в день обработки препаратом, выступали пробы целого растения лука, включая репку и зеленую массу, в последующие сроки отбора образцов отбирали исключительно репку. Единновременно отбирались образцы овощной продукции с двух участков – обработанного пестицидным препаратом (опытные пробы) и не обработанного (контрольные пробы).

Метеорологические данные, включающие температуру, количество осадков и влажность воздуха отражены в таблице 2.

До анализа образцы хранились в контролируемых условиях при температуре минус 18°C. Перед анализом образцы измельчали методом криогомогенизации с сухим льдом при помощи куттера Robot Coupe R10 с максимальной скоростью вращения ножей 3000 об/мин и объемом чаши 11,5 л. Весь объем отобранного образца (300-1000 г, в зависимости от исследуемой культуры) загружался в чашу куттера в соотношении 1:2 относительно объема сухого льда. Измельчение каждой пробы проводили в течение 5 минут. Образцы после гомогенизации хранились в контролируемых условиях при температуре минус 18°C.

¹ Унифицированные правила отбор проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов.

Таблица 1. Условия проведения агротехнического опыта на исследуемых культурах
Table 1. Conditions for conducting an agrochemical experiment on the studied crops

Название культуры	Сорт	Географическое положение	Годы выращивания	Площадь участка	Количество повторностей	Технологии выращивания
<i>Solanum tuberosum</i> (картофель)	Ред Скарлет	Ленинградская область	2020	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносились Обработка почвы: зяблевая вспашка, культивация, боронование, нарезка борозд Открытый грунт Характеристика почвы: подзолистая, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса 3,5 %, pH = 5,5. Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Solanum tuberosum</i> (картофель)	Ред Скарлет	Ленинградская область	2021	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносились Обработка почвы: зяблевая вспашка на глубину 24-25 см, боронование, нарезка борозд Открытый грунт Характеристика почвы: подзолистая, легкосуглинистая, с содержанием гумуса 2,5%, pH = 6,2 Экстремальные метеоусловия: проливные дожди во 2-й и 3-й декадах мая, засуха, жара в июне и июле
<i>Allium cepa</i> (лук репчатый)	Спэниш медальон F	Астраханская область	2020	Площадь опытной деланки: 10 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: предпосадочная культивация с боронованием Открытый грунт Характеристика почвы: Почва аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, содержание гумуса 2,0 % Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Allium cepa</i> (лук репчатый)	Аруба F	Астраханская область	2021	Площадь опытной деланки: 10 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: предпосадочная культивация с боронованием; Открытый грунт; Характеристика почвы: почва аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, содержание гумуса 2,0 % Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Новичок розовый	Астраханская область	2020	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: предпосадочная культивация с боронованием; Открытый грунт; Характеристика почвы: Почва аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, содержание гумуса 2,0 % Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Новичок розовый	Астраханская область	2021	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: предпосадочная культивация с боронованием; Открытый грунт; Характеристика почвы: Почва аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, содержание гумуса 2,0% Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Санька	Краснодарский край	2020	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: лушение стерни, вспашка под огороды, выравнивание почвы и культивация Открытый грунт Характеристика почвы: выщелоченный малогумусный сверхмощный чернозем, гумус 3,2 %, содержание NO ₃ 29 мг/кг, P ₂ O ₅ – 47 мг/кг, K ₂ O – 302 мг/кг, pHCl 5,8 Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Санька	Краснодарский край	2021	Площадь опытной деланки: 25 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: не вносили; Обработка почвы: лушение стерни, вспашка под огороды, выравнивание почвы и культивация Открытый грунт Характеристика почвы: выщелоченный малогумусный сверхмощный чернозем, гумус 3,2 %, содержание NO ₃ 34 мг/кг, P ₂ O ₅ – 43 мг/кг, K ₂ O – 310 мг/кг, pHCl 5,9 Экстремальные метеоусловия: не отмечены
<i>Cucumis sativus</i> (огурец)	Меренга	Волгоградская область	2020	Площадь опытной деланки: 10 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: аммиачная селитра 250 г/кг (весна 2020 г.) Обработка почвы: Зяблевая вспашка на 23 – 25 см, покровное боронование весной в два следа, культивация Открытый грунт Характеристика почвы: темно-каштановая суглинистая с содержанием гумуса 2,6 %; pH = 6,9 – 7,1 Экстремальные метеоусловия: почвенная и воздушная засуха с июля
<i>Cucumis sativus</i> (огурец)	Меренга	Волгоградская область	2021	Площадь опытной деланки: 10 м ²	4-х кратная	Внесение удобрений: аммиачная селитра 300 кг/га (весна 2021 г.) Обработка почвы: Зяблевая вспашка на 23-25 см, покровное боронование весной в два следа, культивация Открытый грунт Характеристика почвы: темно-каштановая суглинистая с содержанием гумуса 2,6 %; pH = 6,9 – 7,1 Экстремальные метеоусловия: почвенная и воздушная засуха в августе

Таблица 2. Метеорологические данные
Table 2. Meteorological data

Культура	Действующее вещество	Год проведения опыта	Показатели	Месяцы и декады	
<i>Allium cepa</i> (лук)	Меди сульфат	2020	Температура, °C	Июль	Август
				28,8	24,0
			Осадки, мм	2,3	2,3
			Относительная влажность воздуха, %	36,6	45,6
<i>Allium cepa</i> (лук)	Меди сульфат	2021	Температура, °C	Август	
				28,5	
			Осадки, мм	0,0	
			Относительная влажность воздуха, %	48,4	
<i>Solanum tuberosum</i> (картофель)	Меди сульфат	2020	Температура, °C	Июль	Август
				17,0	16,7
			Осадки, мм	22,3	31,5
			Относительная влажность воздуха, %	70,7	72,3
<i>Solanum tuberosum</i> (картофель)	Меди сульфат	2021	Температура, °C	Июль	Август
				22,4	15,9
			Осадки, мм	14,6	69,5
			Относительная влажность воздуха, %	55	72,5
<i>Allium cepa</i> (лук)	Меди оксихлорид	2020	Температура, °C	Август	
				24,0	
			Осадки, мм	21,7	
			Относительная влажность воздуха, %	45,6	
<i>Allium cepa</i> (лук)	Меди оксихлорид	2021	Температура, °C	Август	
				28,5	
			Осадки, мм	0,0	
			Относительная влажность воздуха, %	48,4	
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Меди сульфат	2020	Температура, °C	Август	
				24,0	
			Осадки, мм	21,7	
			Относительная влажность воздуха, %	45,6	
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Меди сульфат	2021	Температура, °C	Август	
				28,5	
			Осадки, мм	0,0	
			Относительная влажность воздуха, %	48,4	
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Меди оксихлорид	2020	Температура, °C	Июль	Август
				26,7	25,2
			Осадки, мм	34,2	2,8
			Относительная влажность воздуха, %	51	39,7
<i>Solanum lycopersicum</i> (томат)	Меди оксихлорид	2021	Температура, °C	Июль	Август
				26,8	25,9
			Осадки, мм	7,35	23,9
			Относительная влажность воздуха, %	52	62
<i>Cucumis sativus</i> (огурец)	Меди оксихлорид	2020	Температура, °C	Июнь	Июль
				20,2	24,4
			Осадки, мм	27,1	1,6
			Относительная влажность воздуха, %	63,3	48
<i>Cucumis sativus</i> (огурец)	Меди оксихлорид	2021	Температура, °C	Июнь	Июль
				22	24,4
			Осадки, мм	25,1	13,1
			Относительная влажность воздуха, %	65,7	54,7

Дальнейшая пробоподготовка выполнена методом микроволновой минерализации при повышенном давлении при помощи микроволновой системы пробоподготовки реакторного типа Milestone Ultra Wave. Перед разложением около 1 г гомогенизированной пробы помещали в сосуд для разложения и заливали 4 см³ концентрированной азотной кислоты квалификации ACS (American Chemical Society). После окончания бурной реакции сосуда с образцами помещали в реактор микроволновой системы пробоподготовки. Разложение образцов выполнялось в несколько стадий в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя оборудования, по программе для разложения фруктов и овощей. Для приготовления базового раствора для микроволнового реактора использовали 130 см³ деионизированной воды и 5 см³ азотной кислоты высокой степени чистоты. Условия разложения и физические параметры протекания процесса минерализации представлены на рисунке 1. После завершения процесса минерализации сосуда с образцами вскрывали в вытяжном шкафу, к каждому образцу добавляли по 1 см³ 37% перекиси водорода для ускорения процесса дегазации. Далее образцы переносили в полипропиленовую пробирку, где доводили деионизированной водой I класса чистоты по ГОСТ Р 52501-2005², свежеприготовленной и полученной при помощи системы очистки воды Milli-Q Integral 5 (Merck, Германия) до объема 25 см³.

Измерения концентрации меди проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией при использовании атомно-абсорбционного спектрометра Contra AA 800-D. Источником внешнего излучения служила ксеноновая короткодуговая лампа сплошного спектра. Измерения проводились на длине волны 327,3960 нм, учет неселективного поглощения осуществлялся с помощью измерения поглощения на длине волны вблизи атомной линии поглощения. Измерения проводились при использовании 3 оценочных пикселей. Ввод пробы осуществляли автоматически в

кювету, объем вводимой пробы – 20 мкл. Температурный режим ЭТА: высушивание – 20 секунд при температуре 80°C, 20 секунд при температуре 90°C, 10 секунд при температуре 110°C, озонирование – 20 секунд при температуре 350°C и 10 секунд при температуре 800°C, атомизация – 4 секунды при температуре 2150°C, отжиг – 4 секунды при температуре 2450°C.

Различия в содержании меди в контрольных и опытных образцах оценивались путем статистической обработки данных с использованием пакета «Анализ данных» программы Microsoft Excel: двухвыборочного F-теста для дисперсии, двухвыборочных t-тестов с одинаковыми и различными дисперсиями для уровней значимости 0,05.

МДУ медьсодержащих препаратов (по меди) для томата, огурца, лука составляет 5,0 мг/кг, для картофеля – 2,0 мг/кг.³

Результаты и обсуждение

Результаты измерений концентраций медьсодержащих пестицидов (по меди) в образцах овощной продукции представлены на рисунке 2.

На графиках отражены даты обработок, даты отбора проб для исследования, а также разброс в содержании меди в опытных и контрольных пробах, выраженный как величина относительного стандартного отклонения.

Для оценки влияния обработок медьсодержащими препаратами на рост концентрации меди в товарной части овощной продукции проведен анализ полученных зависимостей.

В первую очередь увеличение содержания меди наблюдается в образцах, отбираемых в день обработки, особенно в исследованиях, где в качестве анализируемых в нулевой день опыта органов выступала зеленая масса, имеющая непосредственный контакт с препаратом. Такая зависимость выявлена при исследовании картофеля после обработки препаратом на основе сульфата меди, где в качестве отбираемых в день обработки органов растения выступала ботва, и лука после обработки меди оксихлори-

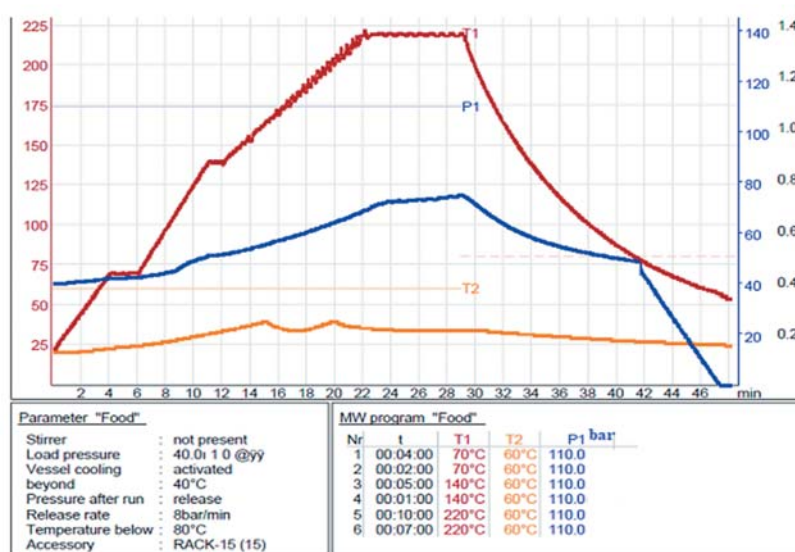


Рис. 1. Условия минерализации. (Ось Y – температура, °C; Ось X – время, мин.) T1 – температура в сосуде для минерализации; T2 – температура стенки реактора; P1 – давление в сосуде для минерализации

Fig. 1. Conditions of mineralization. (Y-axis - temperature, °C; X-axis - time, min.) T1 is the temperature in the mineralization vessel; T2 is the temperature of the reactor wall; P1 is the pressure in the mineralization vessel.

² ГОСТ Р 52501 – 2005. Вода для лабораторного анализа. Технические условия.

³ СанПин 1.2.3685-2021. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

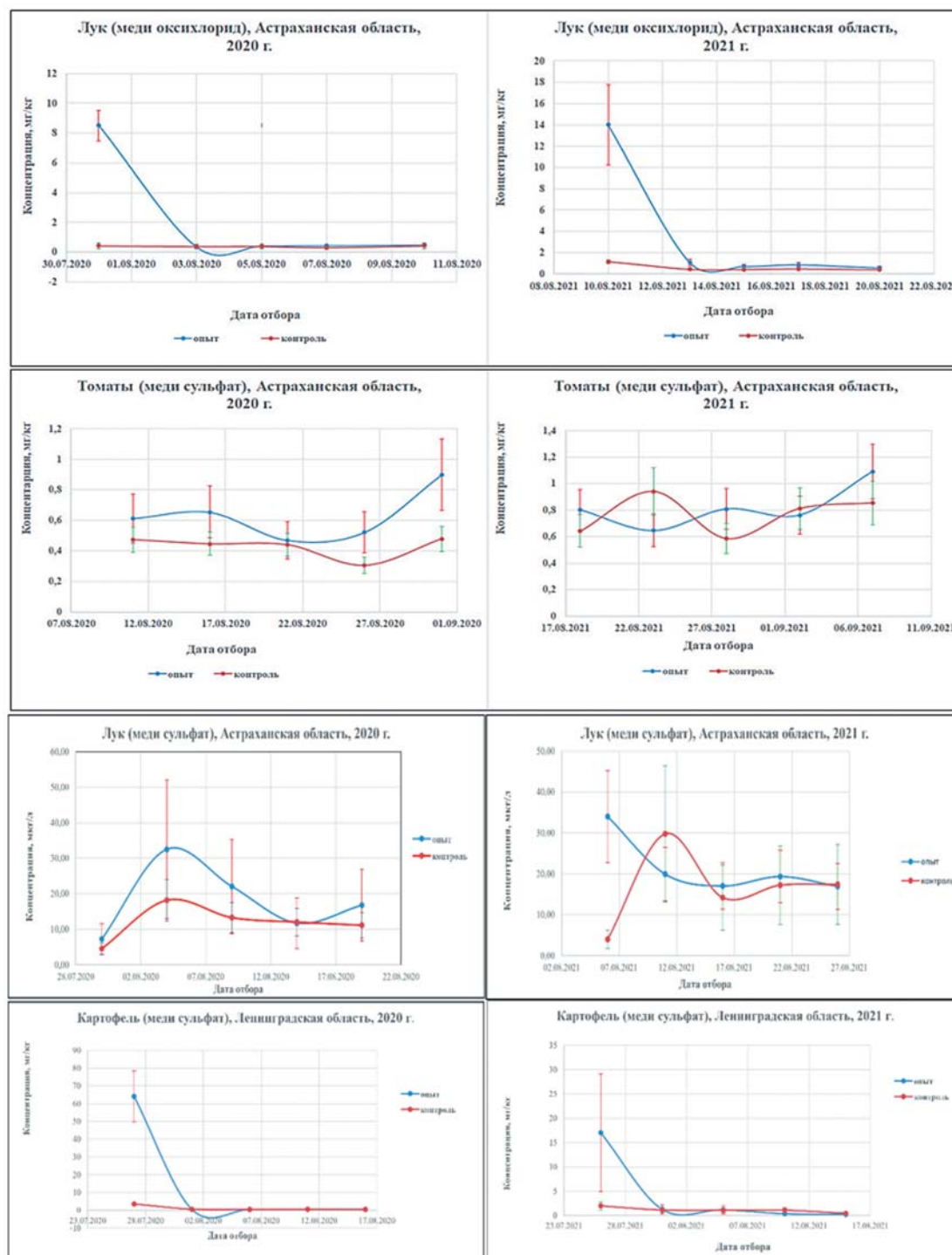


Рис. 2. Динамика содержания меди в различных образцах овощной продукции
Fig. 2. Dynamics of copper content in various samples of vegetable products

дом, где в день обработки отбиралась надземная часть растения или растение целиком.

Так, содержание меди сульфата в ботве картофеля, отобранной в сезон 2020 года в Ленинградской области, составило $64,1 \pm 14,2$ мг/кг в опытной пробе и $3,5 \pm 0,5$ мг/кг в контрольном образце. В сезон 2021 года наблюдается аналогичная картина, что подтверждается концентрацией меди в $17,6 \pm 12,5$ мг/кг в опытных образцах ботвы и $1,96 \pm 0,88$ мг/кг в контрольных пробах.

Листья лука, отбираемые после обработки препаратом на основе меди оксихлорида в сезон 2020 года в Астраханской области, характеризуются содержанием $8,5 \pm 1,1$ мг/кг в опытных пробах и $0,43 \pm 0,18$ мг/кг в кон-

трольных, в сезон 2021 года – $14,1 \pm 3,8$ мг/кг в опытных пробах и $1,1 \pm 0,2$ мг/кг в контрольных пробах соответственно.

Исследование динамики содержания меди в картофеле и луке показало отсутствие достоверных отличий между опытными и контрольными образцами.

Аналогично, при исследовании лука, обрабатываемого препаратом на основе сульфата меди, в день обработки производился отбор растения целиком (листья + луковичы). В 2021 году концентрация меди в опытной пробе, отобранной в день обработки составила $34,03 \pm 11,02$ мг/кг, в контрольной пробе – $4,03 \pm 2,21$ мг/кг соответственно. Различия, отмеченные в содержании меди в листьях лука, отбираемых в 2020 году также заметны, но

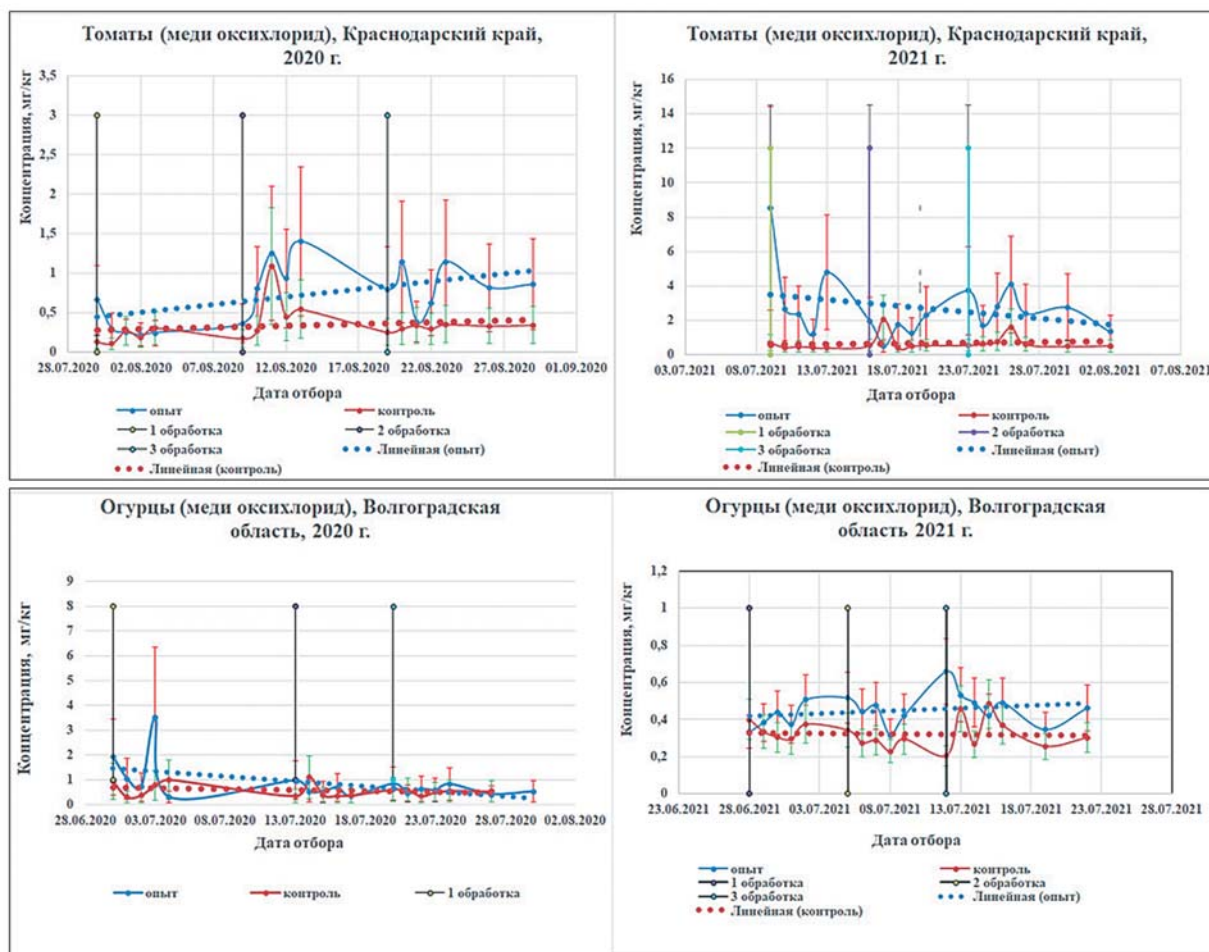


Рис. 3. Динамика содержания меди в овощной продукции при проведении расширенных исследований
Fig.3. Dynamics of copper content in vegetable products during extended studies

принимая во внимание величину разброса естественных содержаний меди в однотипных пробах, достоверных отличий между опытными и контрольными образцами не обнаружено ни в день обработки, ни при дальнейшем исследовании динамики.

Целесообразно сравнить опыты со схожими условиями исследования динамики медьсодержащих фунгицидов, рассмотрев образцы томата, обрабатываемые препаратами на основе меди сульфата в сезонах 2020-2021 года.

Данные опыты отличались от вышеописанных тем, что в соответствии с утвержденной рабочей программой проведения испытаний в части оценки эффективности в день обработки препаратом исследования зеленой массы не проводились, а сразу осуществлялся отбор образцов плодов исследуемых культур.

При этом из представленных на графиках данных видно, что обработка медьсодержащим препаратом не сказывается на содержании меди в исследуемых культурах на протяжении всего опыта, включая и день отбора непосредственно после проведения обработки: содержание меди в плодах томата в 2020 году, отобранных в день последней обработки составило $0,61 \pm 0,16$ мг/кг и $0,47 \pm 0,08$ мг/кг в опытной и контрольной пробе соответственно. В 2021 году тенденция сохраняется, а концентрация меди в день обработки составила $0,80 \pm 0,15$ мг/кг и $0,64 \pm 0,12$ мг/кг соответственно в опытной и контрольной пробах. Отдельно наблюдаемое повышение концентрации меди в опытных образцах по сравнению с

контрольными статистически не значимо на фоне разброса данных.

С целью подтверждения наблюдаемых закономерностей проведены расширенные исследования динамики накопления и разложения меди в плодах томата и огурца, отличающиеся тем, что пробы для исследования динамики содержания меди отбирали и анализировали после каждой из трех обработок, а не только после последней обработки.

Изменение содержания меди в течение вегетационных периодов при проведении расширенных опытов представлено на рисунке 3.

Помимо даты обработок, даты отбора проб для исследования, а также разброса в содержании меди в опытных и контрольных пробах, выраженный как величина относительного стандартного отклонения, на графиках отражены линии тренда линейной аппроксимации.

Зависимость, наблюдаемая при анализе содержания меди в образцах огурца и томата, отражает периодическое увеличение содержания металла в пробах, отобранных в день обработки, относительно контрольных образцов, что может быть связано с наличием еще не смытого препарата на поверхности обрабатываемой культуры.

Полученные результаты показывают присутствие медьсодержащих препаратов только в пробах зеленой массы, отбираемой в день обработки, что можно объяснить наличием не смытого препарата на поверхности наружных органов. Наблюдение в последующие

сроки после обработки показывает, что в плодах исследуемых культур при обработке медьсодержащими пестицидами накопления металла не происходит.

Также отмечены единичные случаи увеличения концентраций меди в пробах томата, не связанные с обработками, что указывает на отсутствие корреляций между проведенными опрыскиваниями и ростом содержания металла в плодах. При этом наблюдается практически полное совпадение трендов, отражающих изменение содержания меди в опытных и контрольных образцах.

Полученные данные полностью совпадают с литературными [9], а также подтверждают информацию о том, что основное поступление микроэлемента в растение происходит через корневую систему, которая также блокирует накопление избыточных концентраций в надземных органах.

Опираясь на данные, полученные при изучении гомеостаза меди в растениях [9] сделан вывод, что активное накопление элемента в плодах реализуется только на стадии формирования плода. По мере созревания поглощение меди плодами сводится к минимуму, а различие в ее содержании между плодами одного растения обусловлено механизмами перераспределения от медленно развивающегося плода к более активно растущему. Описанная закономерность сохраняется независимо от химической формы действующего вещества.

Заключение

Употребление в пищу загрязненных тяжелыми металлами овощей, в частности медью, являющийся наиболее популярным компонентом сельскохозяйственных химикатов, может стать причиной дисбаланса этого микроэлемента в человеческом организме.

Аналитическая задача определения меди в овощной продукции в настоящее время достаточно просто реа-

лизуема, основная сложность заключается в интерпретации получаемых результатов, а именно выводов о том, что избыточные концентрации элемента связаны с обработкой препаратами, а не в результате естественных процессов роста и перераспределения микроэлементов между различными органами растения.

Со статистической точки зрения заключение о присутствии препарата в исследуемых органах растения может быть сделано при установлении достоверных отличий между параллельными пробами с опытных и контрольных делянок.

Традиционный способ пробоподготовки не позволяет выявить достоверность отличий на фоне значительного разброса естественного содержания меди в исследуемом материале. Примененные в данном исследовании методические подходы позволяют получить пробы с более высокой степенью гомогенности, что позволяет проследить динамику накопления меди в растениях.

Анализируя полученные результаты, можно прийти к заключению, что обработка исследуемых культур медьсодержащими фунгицидами не приводит к увеличению содержания меди в товарной части на протяжении всего вегетационного периода, не считая пиков в день применения, что сходится с имеющимися в литературе данными о гомеостазе этого микроэлемента и подтверждает безопасность продукции после применения агрохимикатов на его основе.

Для дальнейших исследований отдельный интерес может представлять также изучение изменения содержания металлов, являющихся конкурентными по отношению к меди, что может являться маркером избытка или дефицита концентраций металла в различных частях растения. В свою очередь, становится актуальным изучение подобных закономерностей и на других видах сельскохозяйственных культур.

Об авторах:

Наталья Евгеньевна Федорова – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела аналитических методов контроля, автор для переписки, analyt1@yandex.ru, fedorovane@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8278-6382>

Марина Валентиновна Егорова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела аналитических методов контроля, analyt1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9158-5136>

Александр Сергеевич Родионов – младший научный сотрудник отдела аналитических методов контроля, Россия, rodionovas@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0552>

Юлия Юрьевна Богданова – ведущий инженер отдела аналитических методов контроля, bogdanovay@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1265-287X>

About the Authors:

Natalia E. Fedorova – Dr. Sci. (Biol.) Chief Researcher of an analytical control methods, Corresponding Author, analyt1@yandex.ru, fedorovane@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8278-6382>

Marina V. Egorova – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of an Analytical Control Methods Department, analyt1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9158-5136>

Alexander S. Rodionov – Junior Researcher of an Analytical Control Methods Department, rodionovas@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0552>

Julia J. Bogdanova – Lead Engineer of an Analytical Control Methods Department, bogdanovay@fferisman.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1265-287X>

• Литература / References

- Husak V. Copper and copper-containing pesticides: Metabolism, Toxicity and Oxidative Stress. *Journal of Vasyi Stefanyk Precarpathian National University*. 2015;(2):38-50. DOI:10.15330/jpnu.2.1.38-50
- Сизенцов А.Н., Исайкина Е.Ю., Кван О.В., Сизова Е.В. Эффективность применения пробиотических препаратов на основе бактерий рода *Bacillus* при лечении экспериментальной интоксикации медью. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;(3). [2. Sisetsov A.N., Isaikina E.Yu., Kvan O.V., Sizova E.V. The effectiveness of use of probiotic preparations based on bacteria of the genus *Bacillus* in the treatment of experimental copper intoxication. *Modern problems of science and education*. 2014;(3). (in Russ.)]
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах. Москва: Мир; 1989. [Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils. Moscow: Mir; 1989. (in Russ.)]
- Dahmani-Muller H., Oort F., Gelie B., Balabane M. Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environmental pollution*. 2000;109(2):231-238. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00262-6.

- Anjum N., Ahmad I., Valega M., Mohmood I., Gill S., Tuteja N., Duarte A., Pereira E. Salt Marsh Halophyte Services to Metal-metalloid Remediation: Assessment of the Processes and Underlying Mechanisms. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2013;44(18):2038-2106. DOI: 10.1080/10643389.2013.828271.
- Hussein H., Terry N. Phytomonitoring the unique colonization of oil-contaminated saline environment by *Limoniastrum monopetalum* (L.) Boiss in Egypt. *Environment International*. 2002;28(1-2):127-135. DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00016-8.
- Rehman H., Liu L., Wang Q. Copper environmental toxicology, recent advances, and suture outlook: a review. *Environmental Science Pollution Research*. 2019;(26):18003-18016.
- Ramesh K., Vijay P., Rakesh P. Dynamics of mineral nutrients in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during ripening: part I – on the plant. *Plant Physiology Reports*. 2020;26(1):1-15. DOI: 10.1007/s40502-020-00546-0.
- Иванищев В.В. Биоаккумуляция, гомеостаз и токсичность меди в растениях. *Известия ТулГУ. Естественные науки*. 2020;(1):1-9. [Ivanishchev V.V. Bioaccumulation, homeostasis and toxicity of copper in plants. *News of TulGU. Natural Sciences*. 2020;(1):1-9. (in Russ.)]

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-113-117>
УДК 635.654.3:632.4

Ю.Н. Куркина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» 308007, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, корп. 14, ауд. 6-11, кафедра биотехнологии и микробиологии

*Адрес для переписки: kurkina@bsu.edu.ru

Благодарности. За техническую помощь в осуществлении многолетних полевых наблюдений автор выражает благодарность аспирантке БелГУ (Россия) Нгуен Тхи Лан Хыонг и государственному служащему департамента науки и технологий провинции Куангнгай (Вьетнам) Нго Тхи Зиём Киеу.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Куркина Ю.Н. Чем болеет маш, или грибные болезни вигны лучистой. *Овощи России*. 2022;(6):113-117. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-113-117>

Поступила в редакцию: 12.10.2022

Принята к печати: 17.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Yulia N. Kurkina

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National Research University», Department of Biotechnology and Microbiology 85, part 14, Pobeda Street, office 6-11, Belgorod, 308015, Russia

*Correspondence: kurkina@bsu.edu.ru

Acknowledgments. For technical assistance in the implementation of long-term field observations, the author expresses his gratitude to the postgraduate student of the BelSU (Russia) Nguyen Thi Lan Huong and the civil servant of the Department of Science and Technology of Quang Ngai Province (Vietnam) Ngo Thi Diem Kieu.

Conflict of interest. The author have no conflicts of interest to declare.

For citations: Kurkina Yu.N. What does mash suffer from, or fungal diseases of the *Vigna radiata*. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):113-117. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-113-117>

Received: 12.10.2022

Accepted for publication: 17.10.2022

Published: 02.12.2022

Чем болеет маш, или грибные болезни вигны лучистой



Резюме

Актуальность. Маш (вигна лучистая) – очень древнее азиатское бобовое растение, которое, благодаря ряду достоинств, может стать важной овощной культурой в России. Молодые плоды и семена маша богаты белком, витаминами А, В, С, РР, а также железом и фолиевой кислотой, и по вкусу напоминают зеленый горошек. Множество незаменимых аминокислот и низкий гликемический индекс позволяют использовать даже зрелые семена маша для приготовления продуктов диетического питания. Но для сохранения урожая важно знать болезни культуры.

Методы. На протяжении ряда лет изучали образец вигны лучистой VR-2014 (Вьетнам) на естественном инфекционном фоне в почвенно-климатических условиях Белгородской области (Россия). Полевые испытания и микологические исследования позволили определить видовой состав фитопатогенных микроскопических грибов, описать симптомы и сравнить основные элементы учета микозов.

Результаты. Длина вегетационного периода вигны лучистой не превышала 83 дней, появление всходов отмечено на 10-12 сутки от посева, цветков – на 68-73 сутки. Высота растений не превышала 40 см. К потерям 82% продуктивности семян приводил аскохитоз (возбудитель *Ascochyta blight*), при средней распространенности в 40% и развитии болезни в 2,5 балла. Аскохитоз снижал показатели всех элементов семенной продуктивности: длину и число плодов, массу 1000 семян, но сильнее всего (в 5 раз) уменьшалась масса плодов и семян с растения. Пероноспороз (возбудитель *Peronospora fabae*) приводил к потерям продуктивности семян в 16%, корневая гниль (возбудитель *Bipolaris australensis*) и фомоз (возбудитель *Phoma diversispora*) – к 17% и 11% соответственно. Ведущим симптомом микозов вигны лучистой была пятнистость, а наиболее вредоносными фитопатогенными грибами оказались представители наземно-воздушной группы патогенов.

Ключевые слова: маш, вигна лучистая, продуктивность семян, фитопатогены, аскохитоз, пероноспороз, корневая гниль, фомоз, болезни растений, *Vigna radiata*

What does mash suffer from, or fungal diseases of the *Vigna radiata*

Abstract

Relevance. Mash (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek) is a very ancient Asian legume plant, which, thanks to a number of advantages, may become an important vegetable crop in Russia. Young fruits and seeds of *Vigna radiata* are rich in protein, vitamins A, B, C, PP, iron, folic acid, and taste like green peas. A lot of essential amino acids and a low glycemic index make it possible to use even mature mash seeds for the preparation of dietary food. To preserve the harvest, it is important to know the diseases of the crop. **Methods.** For a number of years, a sample of the radiant vigna VR-2014 (Vietnam) has been studied on a natural infectious background in the soil and climatic conditions of the Belgorod region (Russia). Field tests and mycological studies made it possible to determine the species composition of phytopathogenic microscopic fungi, describe the symptoms and compare the main elements of accounting for mycoses.

Results. The length of the growing season of the radiant vigna did not exceed 83 days, the appearance of seedlings was noted on 10-12 days from sowing, flowers – on 68-73 days. The height of the plants did not exceed 40 cm. Ascochytiopsis (the causative agent of *Ascochyta blight*) led to losses of 82% of seed productivity, with an average prevalence of 40% and the development of the disease of 2.5 points. Ascochytiopsis reduced the values of all elements of seed productivity: the length and number of fruits, the mass of 1000 seeds, but most of all (by 5 times) the weight of fruits and seeds from the plant decreased. *Peronosporosis* (the causative agent of *Peronospora fabae*) led to losses of seed productivity by 16%, root rot (the causative agent of *Bipolaris australensis*) and fomes (the causative agent of *Phoma diversispora*) – by 17% and 11%, respectively. Spotting was the leading symptom of mycoses of *Vigna radiata*, and the most harmful phytopathogenic fungi were representatives of the ground-air group of pathogens.

Keywords: mash, radiant vigna, seed productivity, phytopathogens, ascochytiopsis, peronosporosis, root rot, fomes, plant diseases, *Vigna radiata*

Введение

Маш, или вигну лучистую (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), или фасоль золотистую (*Phaseolus aureus* Roxb.), более 5 тыс. лет выращивают в Индии. Во Вьетнаме, Корее, Афганистане, Таджикистане семена этого растения, известного, как бобы мунг, используют в приготовлении традиционных местных блюд. Маш в настоящее время возделывают в странах Африки, Латинской и Северной Америки, Европы. В связи с потеплением климата маш становится все более популярной и в России [1].

Стержневой корень этого бобового однолетника хорошо развит и ветвится. Стебель прямостоячий, маловетвистый, покрыт жестким опушением. Листья тройчатые, крупные, темно-зеленые, с овальными прилистниками. Пазушные кисти несут по 2-8 цветков желтого, желто-зеленого или фиолетово-желтого цвета. Боб многосемянный, узкий, бурый или черный. Мелкие семена гладкие, овальные, желто-коричневые или зеленые.

Богатые белком (до 35%), железом, витаминами и всеми незаменимыми аминокислотами семена маша используют в качестве крупы. Из крахмала, который отличается низким гликемическим индексом, готовят лапшу фунчозу. Зеленые плоды и суточные проростки, особенно богатые аскорбиновой и фолиевой кислотами, железом, кальцием, фитоэстрогенами, по вкусу напоминающие зеленый горошек, используют как овощи в салатах, гарнирах и соусах [2-4]. Все эти достоинства маша как овощной культуры привлекают интерес ученых разных областей знаний, что способствует политике государства в области совершенствования тенденции здорового питания населения [5].

Важным фактором, определяющим агротехнические аспекты формирования качественного урожая, является фитосанитарное состояние посевов [6]. Поэтому вопросу болезней маша и близкородственных видов при интродукции в РФ уделяется особое внимание [7-12]. С учетом отсутствия информации о болезнях маша при возделывании в России, тогда как грибные болезни могут существенно снизить урожай любой культуры [13-15], **целью** наших исследований было изучение болезней маша (*Vigna radiata*) в почвенно-климатических условиях Белгородской области.

Материалы и методы исследований

Изучали образец *Vigna radiata* VR-2014 (Вьетнам) из коллекции автора. Исследования проводили по черному пару ежегодно в условиях мелкоделяночных опытов 2,8-4 м² на территории ботанического сада НИУ «БелГУ» (г. Белгород) и на приусадебном участке (г. Короча, Белгородская обл.) в 2014-2022 гг. со значительными колебаниями погодных условий по годам. Почва – типичный чернозем (средний суглинок, мелкокомковатый по структурному составу) с активной кислотностью на уровне 7,6. Высевали вручную по схеме 50х20 см, уход за посевами заключался в междурядной обработке по мере засорения посевов. Микозы изучали на естественном инфекционном фоне.

Микологический анализ проводили на кафедре биотехнологии и микробиологии на среде Чапека в 5-кратной повторности. В качестве основных элементов учета болезней растений использовали распространен-

ность, развитие болезни и недобор продуктивности семян (%). Развитие (индекс) болезни вычисляли по [16]:

$$R = \frac{\Sigma(a \times b)}{NK} \times 100\%,$$

где R – развитие (индекс) болезни; a – число растений с одинаковыми признаками поражения; b – балл поражения; Σ – сумма произведения числовых показателей ($a \times b$); N – число растений в учете (здоровых и больных); K – высший балл шкалы учета.

Недобор, или потери урожая определяли по формуле [16]:

$$Q = \frac{(A - a) \times 100\%}{A},$$

где Q – недобор, или потери урожая, %; a – урожай больных растений; A – урожай здоровых растений.

Стандартным методом с использованием «влажных камер» проводили выделение фитопатогенных грибов из растений [17]. Определение микромицетов по совокупности культурально-морфологических признаков проводили с использованием специальной литературы [18-21]. Полученные результаты обрабатывали с использованием методов вариационной статистики в компьютерной программе Excel. Доверительные интервалы в статье указаны с учетом критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

Средняя продолжительность вегетационного периода вигны лучистой в почвенно-климатических условиях Белгородской области (Россия) составила 78-83 суток. Всходы появлялись на 10-12 сутки от посева, цветение начиналось на 68-73 сутки. Средняя высота растений была 36±1,9 см.

Среди болезней вигны лучистой к значимым потерям продуктивности семян (81,4±2,1%) в фазе биологической спелости приводил аскохитоз (возбудитель *Ascochyta boltschauseri* Sacc.) (рис. 1), который проявлялся пятнами на листьях уже в фазу ветвления растений (рис. 2). Средняя распространенность аскохитоза отмечалась на уровне 39,6±2,6% при среднем развитии болезни в 2,5 балла (рис. 3).

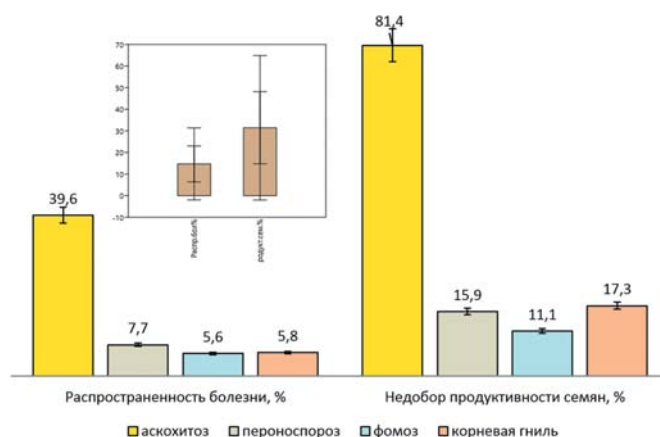


Рис. 1. Средние показатели элементов учета болезней растений *Vigna radiata* (2014-2022 годы)
Fig. 1. Average indicators of elements of accounting for plant diseases of the *Vigna radiata* (2014-2022)



Рис. 2. Симптомы аскохитоза на листьях *Vigna radiate* и пикниды *Ascochyta boltschauseri* Sacc. ($\times 100$)
 Fig. 2. Symptoms of ascochytirosis on leaves are visible in *Vigna radiate* and pycnid *Ascochyta boltschauseri* Sacc. ($\times 100$)

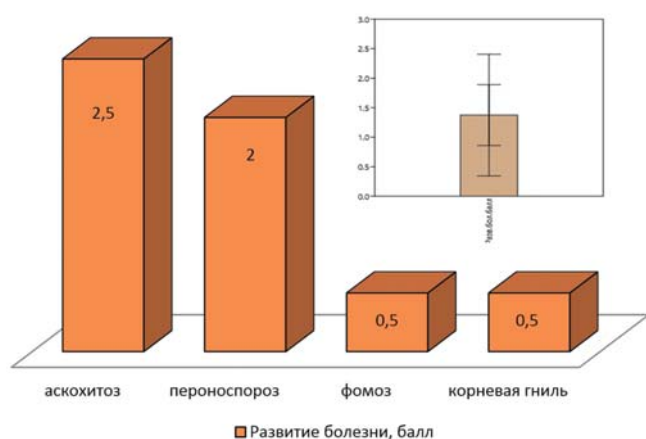


Рис. 3. Развитие болезней (в баллах) *Vigna radiate* (2014-2022 годы)
 Fig. 3. Development of diseases (in points) of the *Vigna radiate* (2014-2022)

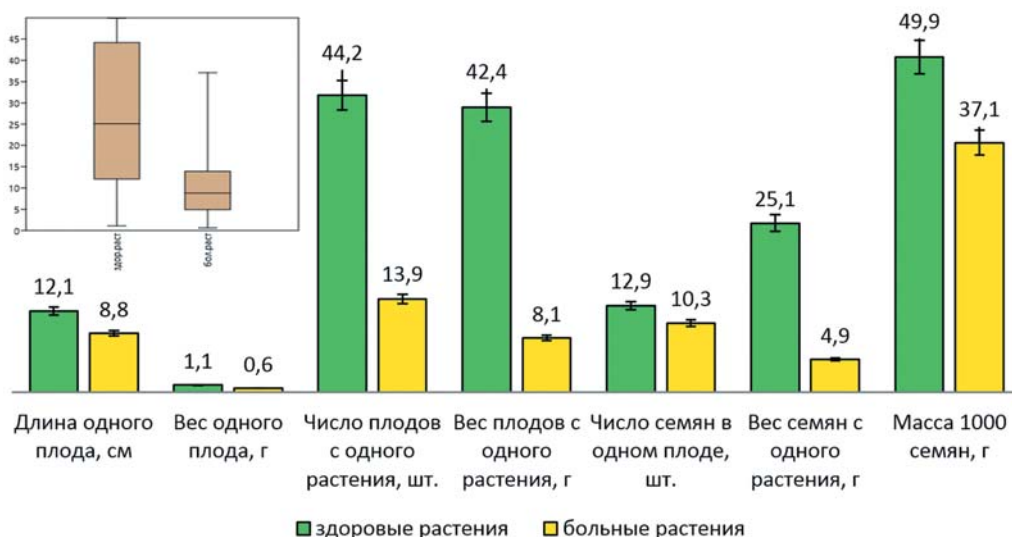


Рис. 4. Средняя продуктивность семян здоровых и пораженных аскохитозом растений *Vigna radiate* (2014-2022 годы)
 Fig. 4. Average seed productivity of healthy and ascochytirosis-affected plants of *Vigna radiata* (2014-2022)

Анализ структуры семенной продуктивности растений здоровых и с признаками аскохитоза показал, что страдали все элементы продуктивности семян (рис. 4). У больных растений размеры плодов были меньше здоровых, число плодов с растения сокращалось в 3 раза по сравнению со здоровыми растениями. Но больше всего страдала масса плодов и семян с больных растений – в 5,2 и 5,1 раз соответственно.

При поражении растений вигны лучистой пероноспорозом, или ложной мучнистой росой (возбудитель *Peronospora fabae* Jacz.et Serg.), с характерной пятнистостью листьев (рис. 5), семенная продуктивность сократилась в среднем на $15,8 \pm 4,6\%$ (рис. 1). Однако, в сравнении с аскохитозом, распространенность составила в среднем $8,3 \pm 4,1\%$ при 2,5 баллах развития (рис. 3).

Известно, что фитопатогенные грибы, возбудители аскохитоза и пероноспороза, это представители листостеблевой группы. Таким образом, наши данные согласуются с мнением Б.Б. Эюбова и соавторов (2011) [22] о преобладании среди фитопатогенов представителей наземно-воздушной (листочечно-стеблевой) группы.



Рис. 5. Симптомы пероноспороза на листьях *Vignaradiateu* неклоточный ветвящийся мицелий с конидиями *Peronospora fabae* (×400)
Fig. 5. Symptoms of peronosporosis on leaves of *Vigna radiata* and non-cellular branching mycelium with conidia *Peronospora fabae* (×400)

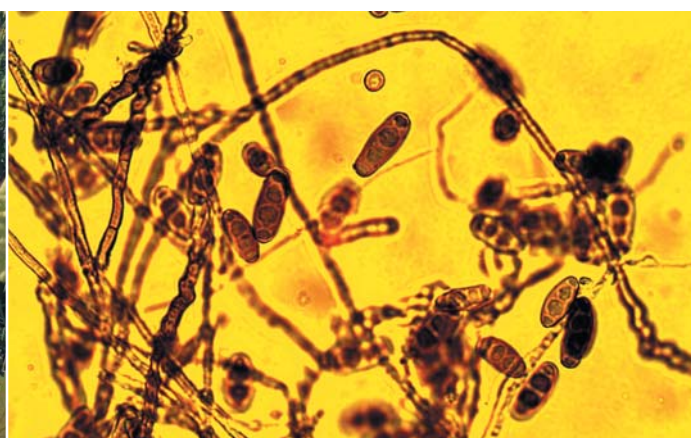


Рис. 6. Симптомы корневой гнили на растениях *Vigna radiate* и мицелий с конидиями *Bipolaris australensis* (×400)
Fig. 6. Symptoms of root rot on plants of *Vigna radiata* and mycelium with conidia *Bipolaris australensis* (×400)

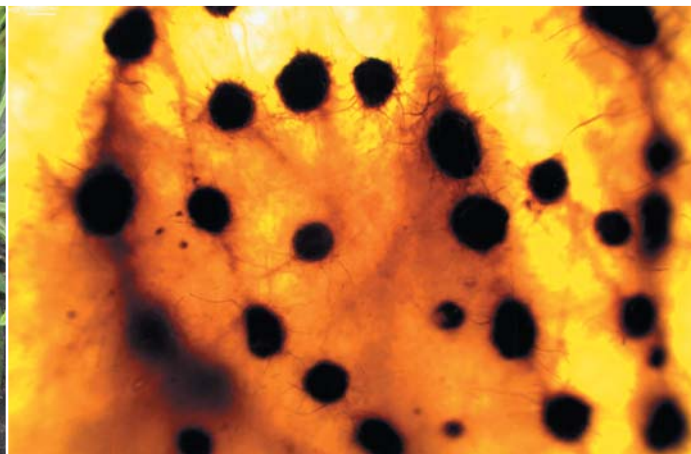


Рис. 7. Симптомы фомоза на листьях *Vigna radiate* и мицелий с пикнидами *Phoma diversispora* (×40)
Fig. 7. Symptoms of phomosis on the leaves of *Vigna radiata* and mycelium with pycnidia *Phoma diversispora* (×40)

Близкими значениями по распространенности ($5,9 \pm 1,6\%$) и недобору продуктивности семян ($17,1 \pm 1,4\%$) характеризовалась корневая гниль (возбудитель *Bipolaris australensis*) (рис. 1), симптомом которой было увядание, в разные годы регистрируемое уже в фазу всходов или перед началом репродуктивного периода (рис. 6).

И следует отметить еще одно значимое по распространенности ($6,4 \pm 2,6\%$) и недобору продуктивности ($11,2 \pm 3,6\%$) заболевание вигны лучистой – фомоз (возбудитель *Phoma diversispora*) (рис. 1 и 3), с характерны-

ми серыми пятнами на листьях и хорошо заметными на них черными точками – пикнидами (рис. 7).

Таким образом, в почвенно-климатических условиях Белгородской области на естественном инфекционном фоне наиболее распространенными и вредоносными заболеваниями вигны лучистой были аскохитоз, пероноспороз, корневая гниль, вызванная грибами биполярис, и фомоз. Ведущим симптомом микозов вигны лучистой была пятнистость, а наиболее вредоносными фитопатогенными грибами были представители наземно-воздушной группы патогенов.

Об авторе:

Юлия Николаевна Куркина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800, адрес для переписки, kurkina@bsu.edu.ru

About the Author:

Yulia N. Kurkina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800, Correspondence, kurkina@bsu.edu.ru

• Литература

1. Курьянович А.А., Казарина А.В. Испытание сортообразцов маша (*Vigna radiata*) в условиях континентального климата среднего Поволжья. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014;(4):32-35. <https://journals.eco-vector.com/1997-3225/article/view/23146>
2. Бобылев С.Н. Влияние глобальных изменений климата на функционирование основных отраслей и здоровье населения России. 2001. <https://www.ru/upload/iblock/a2c/msu.pdf>
3. Курьянович А.А. Результаты интродукции маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) за 2013-2020 годы в среднем Поволжье. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки*. 2022;1(1):46-51. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia_sh/2022/2022_1_46_51.pdf
4. Mubarak A.E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*. 2005;(89):489-495.
5. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016. Собрание законодательства Российской Федерации, 2016;(49):6887.
6. Данилова А.В., Ким Ю.С., Волкова Г.В. Новый фунгицид Протазокс в защите озимого ячменя от пятнистостей листьев в условиях Краснодарского края. *Земледелие*. 2020;(6):41-44. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10610.
7. Курьянович А.А., Кинчарова М.Н., Титова И.А. Протравливание семян маша (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) как элемент агротехники при интродукции культуры в Среднем Поволжье. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021;(2):35-38.
8. Нгуен Т.Л.Х. Экологические особенности комплексов микромицетов травянистых растений семейства Бобовые (*Fabaceae* Lindl.) в условиях юга Среднерусской возвышенности. автореферат дис. ... кандидата биологических наук, 2016.
9. Фотев Ю.В., Казакова О.А. Грибные заболевания спаржевой вигны на юге Западной Сибири. *Овощи России*. 2019;(2):97-105. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-97-105>
10. Satya V.K., Vijayasamundeeswari A., Paranidharan V., Velazhahan R. Burkholderia sp. strain TNAU-1 for biological control of root rot in mung bean (*Vigna radiata* L.) caused by *Macrophomina phaseolina*. *J. of plant protection research. Inst. of plant protection, Polish acad. of science. Poznan-Warsaw*. 2011;3(51):273-278.
11. Милевская И.А. Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал, 2014;(2):444. 12. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф., Табакаева Т.Б., Белов Ю.А., Муратов А.А., Щелканов М.Ю. Вирусные болезни бобовых культур на юге Российского Дальнего Востока. *Юг России: экология, развитие*. 2021;16(61):71-85.
13. Семенкова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология, 2003. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
14. Куркина Ю.Н. Структура микомкомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного. *Овощи России*. 2022;(2):88-93. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-88-93>
15. Kurkina Yu.N., Ngo T. Z. Kieu. Taxonomic analysis of soil phytopathogenic mycospheres of different varieties of faba beans in the Central Black Earth Region of the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2021;(40):01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20214001006>
16. Щербаклова Т. Биотехнология производства и применения биопрепарата на основе гриба *Trichoderma viridescens* для защиты сои от корневых гнилей: дис. ... д.б.н., 2013.
17. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений, 1987.
18. Билай В.И., Кубрацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов, 1990.
19. Ганнибал Ф.Б. Филогения и эволюция альтернариоидных гифомицетов. *Иммунопатология, Аллергология, Инфектология*. 2010;(1):7-8.
20. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов, 2001.
21. Хасанов Б.А. Определитель грибов – возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechslera* и *Exserohilum*, 1992.
22. Эюбов Б.Б., Гаджиева Ф.Х., Гахраманова А.А. Меджунуова Н.Ш. Общая характеристика микромицетов, вызывающих болезни сельскохозяйственных культур, возделываемых в условиях Азербайджана. *Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки»*. 2011;(2):106-108. <https://vestnik-mgou.ru/Articles/Doc/5794>.

• References

1. Kuryanovich A.A., Kazarina A.V. Testing of Masha (*Vigna radiata*) cultivars in the conditions of the continental climate of the Middle Volga region. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2014;4:32-35. (In Russ.) <https://journals.eco-vector.com/1997-3225/article/view/23146>.
2. Bobylev S.N. The impact of global climate change on the functioning of the main industries and the health of the population of Russia. 2001. <https://www.ru/upload/iblock/a2c/msu.pdf>. (In Russ.)
3. Kuryanovich A.A. The results of the introduction of Masha (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) for 2013-2020 in the Middle Volga region. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural sciences*. 2022;1(1):46-51. (In Russ.) http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia_sh/2022/2022_1_46_51.pdf
4. Mubarak A.E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*. 2005;(89):489-495.
5. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 642 dated 01.12.2016. Collection of Legislation of the Russian Federation, 2016;(49):6887. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. (In Russ.)
6. Danilova A.V., Kim Yu.S., Volkova G.V. A new fungicide Protazox in the protection of winter barley from leaf spotting in the conditions of the Krasnodar Territory. *Agriculture*. 2020;(6):41-44. (In Russ.) DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10610.
7. Kuryanovich A.A., Goncharova M.N., Titova I.A. Etching of masha seeds (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) as an element of agricultural technology during the introduction of culture in the Middle Volga region. *Russian Agricultural Science*. 2021;(2):35-38. (In Russ.)
8. Nguyen T.L.H. Ecological features of complexes of micromycetes of herbaceous plants of the Legume family (*Fabaceae* Lindl.) in the conditions of the south of the Central Russian upland. abstract of the dissertation of the Candidate of Biological Sciences, 2016. (In Russ.)
9. Fotev Yu.V., Kazakova O.A. Fungal diseases of asparagus vigna in the south of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):97-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-97-105>
10. Satya V.K., Vijayasamundeeswari A., Paranidharan V., Velazhahan R. Burkholderia sp. strain TNAU-1 for biological control of root rot in mung bean (*Vigna radiata* L.) caused by *Macrophomina phaseolina*. *J. of plant protection research. Inst. of plant protection, Polish acad. of science. Poznan-Warsaw*, 2011;3(51):273-278.
11. Milevskaya I.A. Environmental safety in agriculture. *Abstract Journal*. 2014;(2):444. (In Russ.)
12. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Tabakaeva T.V., Belov Yu.A., Muratov A.A., Shchelkanov M.Yu. Viral diseases of legumes in the south of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*. 2021;16(61):71-85. (In Russ.)
13. Semenkova A.G., Sokolova E.S. Phytopathology, 2003. (In Russ.)
14. Kurkina Yu.N. Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):88-93. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-88-93>
15. Kurkina Yu.N., Ngo T.Z. Kieu. Taxonomic analysis of soil phytopathogenic mycospheres of different varieties of faba beans in the Central Black Earth Region of the Russian Federation. *BIO Web of Conferences*. 2021;(40):01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20214001006>
16. Shcherbakova T. Biotechnology of production and application of a biological product based on the fungus *Trichoderma virens* to protect soybeans from root rot: dis. ... Doctor of Biological Sciences, 2013. (In Russ.)
17. Methods for determining diseases and pests of agricultural plants, 1987. (In Russ.)
18. Bilai V.I., Kubratskaya Z.A. Determinant of toxin-forming micromycetes, 1990. (In Russ.)
19. Hannibal F.B. Phylogeny and evolution of alternarioid hyphomycetes. *Immunopathology, Allergology, Infectology*. 2010;(1):7-8. (In Russ.)
20. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M. Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi, 2001. (In Russ.)
21. Khasanov B.A. Determinant of fungi – pathogens of "helminthosporiosis" of plants from the genera *Bipolaris*, *Drechslera* and *Exserohilum*, 1992. (In Russ.)
22. Eyubov B.B., Hajieva F.C., Gakhramanova A.A. Majnunova N.S. General characteristics of micromycetes causing diseases of agricultural crops cultivated in Azerbaijan. *Bulletin of the Moscow State University. Series "Natural Sciences"*. 2011;(2):106-108. <https://vestnik-mgou.ru/Articles/Doc/5794>. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-118-124>
УДК 635.54:632.51

О.М. Вьютнова*, И.В. Смирнова,
И.А. Новикова, К.С. Максимова

Ростовская овощная опытная станция по цикории – филиал ФГБНУ ФНЦО
152130, Россия, Ярославская область,
Ростовский район, с. Деревни

*Автор для переписки: rossc2010@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А., Максимова К.С. Влияние предшественников, минеральных удобрений и гумата на засоренность посевов сорными растениями и урожайность корнеплодов цикория корневого. *Овощи России*. 2022;(6):118-124. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-118-124>

Поступила в редакцию: 16.09.2022

Принята к печати: 10.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Olga M. Vyutnova*, Irina V. Smirnova, Irina A. Novikova, Ksenia S. Maksimova

Rostov Vegetable experimental station on chicory – Branch of the FSBSI FSVC
Derevni v., Rostov district, Yaroslavl region,
152130, Russian Federation

*Correspondence Author: rossc2010@yandex.ru

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Author contributions: All authors confirm they have contributed to the intellectual content of this paper.

For citations: Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A., Maksimova K.S. Influence of predecessors, mineral fertilizers and humate on the infestation of crops with weeds and the yield of chicory roots. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):118-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-118-124>

Received: 16.09.2022

Accepted for publication: 10.10.2022

Published: 02.12.2022

Влияние предшественников, минеральных удобрений и гумата на засоренность посевов сорными растениями и урожайность корнеплодов цикория корневого



Резюме

Актуальность. Для выращивания экологически чистой продукции, сохранения плодородия почв и охраны окружающей среды очень важным является вопрос о перспективности длительного применения различных систем удобрения. При остром дефиците навоза перспективна минерально-биологическая система удобрения, когда на фоне ежегодно высеваемых сидератов вносится расчётная доза минеральных удобрений. Такая система применения удобрений позволяет повысить урожайность, качество продукции, в значительной степени снизить дефицит органического вещества в почве, улучшить её структуру и биологическую активность. Включение в пропашное звено севооборота занятого пара с наиболее эффективными предшественниками, дозами минеральных макро- и микроудобрений, гуминовых кислот может снизить засоренность посевов культуры и существенно увеличить урожайность корнеплодов цикория корневого.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2017-2021 годах в Ростовском районе Ярославской области.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны РФ экономически целесообразно при возделывании цикория корневого применять технологию с использованием в качестве предшественника овсяно-гороховой смеси в сочетании с внесением в почву минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ и обработкой вегетирующих растений бором и гуматом. При применении данной технологии уменьшается засоренность посевов, увеличивается их фотосинтетический потенциал и урожайность корнеплодов, снижается себестоимость продукции, а рентабельность превышает 104%.

Ключевые слова: цикорий корневой, минеральные удобрения, предшественники, гумат, засоренность посевов, урожайность корнеплодов

Influence of predecessors, mineral fertilizers and humate on the infestation of crops with weeds and the yield of chicory roots

Abstract

Relevance. For the cultivation of environmentally friendly products, the preservation of soil fertility and environmental protection, the question of the prospects for long-term use of various fertilizer systems is very important. With an acute shortage of manure, a mineral-biological fertilizer system is promising, when an estimated dose of mineral fertilizers is applied against the background of annually sown siderates. Such a system of fertilizer application makes it possible to increase yields, product quality, significantly reduce the shortage of organic matter in the soil, improve its structure and biological activity. The inclusion of the employed steam with the most effective precursors, doses of mineral macro and micro fertilizers and humic acids in the rowed link of crop rotation can reduce the contamination of crops and significantly increase the yield of root chicory root crops.

Materials and methods. The research was carried out in 2017-2021 located in the Rostov district of the Yaroslavl region.

Results. As a result of the conducted research, it was found that on turf-podzolic medium-loamy soils of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, it is economically feasible to use technology for the cultivation of root chicory using an oat-pea mixture as a precursor in combination with the introduction of mineral fertilizers into the soil at a dose of $N_{60}P_{60}K_{120}$ and the treatment of vegetative plants with boron and humate. When using this technology, the contamination of crops decreases, their photosynthetic potential and the yield of root crops increases, the cost of production decreases, and the profitability exceeds 104%.

Keywords: root chicory, mineral fertilizers, precursors, humate, crop contamination, root crop yield

Введение

Для выращивания экологически чистой продукции, сохранения плодородия почв и охраны окружающей среды очень важным является вопрос о перспективности длительного применения различных систем удобрения. При остром дефиците навоза перспективна минерально-биологическая система удобрения, когда на фоне ежегодно высеваемых сидератов вносится расчётная доза минеральных удобрений. Такая система применения удобрений позволяет повысить урожайность, качество продукции, в значительной степени снизить дефицит органического вещества в почве, улучшить её структуру и биологическую активность [1].

Целью посева сидератов является обогащение почвы органикой и азотом, фосфором, калием, кальцием, улучшение структуры почвы, повышение активности полезной микрофлоры, подавление роста сорняков, фотосинтетическое воздействие, посев некоторых сидератов может быть профилактикой заболеваний основной культуры.

Наиболее часто используемые растения-сидераты:

- в первую очередь, бобовые (люпин, фасоль, соя, чечевица, горох посевной и полевой, люцерна, донник, вика яровая и озимая, клевер, эспарцет и др.);
- крестоцветные (рапс, сурепка, редька масличная, горчица);
- злаковые (пшеница, рожь, овёс, ячмень);
- гречишные (гречиха);
- сложноцветные (подсолнечник);
- гидрофиты (фацелия) [2].

Эффекты от посадки сидератов различных семейств:

- фиксация азота из воздуха: все бобовые;
- предотвращение минерализации и вымывания: все крестоцветные и злаковые;
- защита от эрозии, подавление сорняков:

А) ранний посев до начала августа: кормовые бобы, клевер, люпин, масличная редька, рапс яровой, подсолнечник;

Б) поздний посев до начала сентября: горчица, фацелия;

- образование большого количества органического вещества при осеннем посеве: озимый рапс, озимая сурепка;

- высвобождение труднорастворимого фосфата: бобовые, горчица;

- уменьшение вымывания минеральных элементов: все крестоцветные;

- разрыхление нижних слоёв почвы корнями: люпин, кормовые бобы, масличная редька, горчица;

- подавление нематод: все бобовые, райграс однолетний, фацелия, подсолнечник [3].

На характер накопления сырой массы и углеводов в корнеплодах значительное влияние оказывают удобрения. Для нормального роста и развития растениям необходимы определенные химические элементы, при этом конечное их содержание в тканях неодинаково. Одни вещества растения поглощают в большей степени на протяжении всего цикла вегетации, другие – нужны в меньшем количестве и в определенные фазы роста. Основу минерального питания растений, как известно, составляют макроэлементы – «три кита»

агрохимии: азот, фосфор и калий. Их вынос с урожаем исчисляется десятками килограммов на 1 т продукции [4].

По фосфорному удобрению накопление углеводов происходит в более ранние сроки и к концу вегетации начинает затухать, а по калийному – накопление углеводов в первое время идёт крайне медленно, и только к концу вегетации наблюдается резкое увеличение [5].

Эффективность удобрений зависит от потребности растений в питательных элементах и от способности почвы удовлетворять эту потребность. Следовательно, плодородие почвы должно быть динамичным и его изменения должны наилучшим образом соответствовать потребностям возделываемых растений в соответствующие периоды развития их органов, определяющих урожай [6-7].

Между продуктивностью агроценозов на дерново-подзолистой почве с различной обеспеченностью элементами питания имеются существенные различия по вносимым видам удобрений и их дозам, рассчитанным на частичное и полное возмещение выноса. Показано, что дефицитный баланс азота, фосфора и калия приводит к существенному снижению продуктивности звена севооборота независимо от обеспеченности почвы элементами питания. При использовании удобрений в расчёте на возмещение выноса на 50-60% идёт снижение продуктивности минеральной системы удобрений, по сравнению с полным возмещением выноса [8-9].

Кроме того, протекание физиологических процессов и формирование урожая невозможно без микроэлементов, накопление которых в органах растений исчисляется килограммами на 1 т продукции [10].

Бор – один из самых важных микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Он регулирует белковый и углеводный обмен, повышает эффективность фотосинтеза, способствует передвижению и накоплению углеводов, крахмала, сахарозы в корнях и листьях, а также повышает устойчивость к заболеваниям. Кроме того, он улучшает условия закладки и развитие генеративных органов: образование почек, элонгацию пыльцевой трубки, формирования и сохранения цветков, рост плодов и семян. Внесение бора в бедные дерново-подзолистые, песчаные и супесчаные почвы повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Он участвует во многих физиологических и биохимических процессах и нужен культурам на протяжении всего жизненного цикла, поскольку выполняет важные функции: помогает в транспортировке полезных веществ и углеводов ко всем частям молодых растений: корни, листья, плоды; активизирует деятельность ферментов; играет важную роль в формировании стенок клеток и дифференциации меристемных тканей; участвует в синтезе и транспортировке белков и нуклеиновых кислот в репродуктивных органах, листьях и точках роста; регулирует синтез ауксинов, которые обладают высокой физиологической активностью; предотвращает накопление фенола в листьях и корнях; играет ключевую роль в росте первичных и боковых корней; повышает устойчивость растений к условиям окружающей среды: морозостойкости, засухоустойчивости, агрономической солеустойчивости [11-12].

Проблема эффективного усвоения минеральных удобрений является центральной в растениеводстве. Сложность её решения заключается в том, что легко растворимые в воде калийные и азотные удобрения легко вымываются из почвы, а фосфорные, наоборот, связываются присутствующими в почве ионами Ca, Mg, Al и Fe в недоступную для растений форму. И только в присутствии гуминовых веществ эффективность усвоения растением всех элементов минерального питания резко возрастает. Таким образом, сочетание гуматов с минеральными удобрениями – это гарантия их эффективного усвоения растением.

Гуматы (соли гуминовых кислот) хорошо растворимы в воде и обладают физиологически активными свойствами, в малых дозах стимулируют рост и развитие растений, а в больших – угнетают. Их действие нужно рассматривать как регуляторное, а не как удобрение.

Гумусовые вещества влияют на растение прямо или косвенно. Косвенный эффект связан с улучшением водно-физических свойств почвы, активизацией микрофлоры, влиянием на миграцию питательных элементов, повышением коэффициента использования минеральных удобрений, связыванием токсических агентов (пестицидов, гербицидов, тяжелых металлов и др.). Наряду с этим гумусовые вещества оказывают прямое глубокое и разностороннее действие на процессы роста растений, т.е. осуществляют их регуляцию.

Под влиянием гумусовых веществ изменяется проницаемость клеточных мембран, повышается активность многих ферментов, дыхание, синтез белков и углеводов. Они оказывают положительное влияние на минеральное

использование гумусовых веществ особенно целесообразно в зонах с резкими колебаниями метеорологических условий при возделывании сельскохозяйственных культур по индустриальной технологии, когда применяются повышенные дозы удобрений и пестицидов, а также в районах техногенного загрязнения [14].

Все вышеперечисленные агрохимические мероприятия могут снизить засоренность посевов культуры и существенно увеличить урожайность корнеплодов цикория корневого.

Целью наших исследований являлась разработка технологии возделывания цикория корневого с использованием сидератов, минеральных удобрений и гумата.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2017-2021 годах, полевые опыты закладывали на опытном поле Ростовской овощной опытной станции по цикорию – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», расположенном в Ростовском районе Ярославской области, в Нечерноземной зоне РФ.

Почвы участка дерново-подзолистые, среднесуглинистого механического состава, характеризуются низким уровнем грунтовых вод. Пахотный слой имеет высокую степень насыщенности основаниями и характеризуется небольшой гидролитической кислотностью. Физико-химические свойства почвы опытного участка представлены в таблице 1.

Данные о метеорологических условиях 2017-2021 годов представлены на рисунках 1 и 2.

Таблица 1. Физико-химические свойства и агрохимические показатели пахотного слоя почвы опытного поля Ростовской ОСЦ
Table 1. Physical and chemical properties and agrochemical parameters of the arable soil layer

№	Показатель	Значение
1	Гумусовый слой	25-30 см
2	Содержание гумуса в пахотном слое	1,8%
3	Содержание общего азота	0,2%
4	Содержание обменного калия (по Масловой)	17-20 мг/100 г почвы
5	Содержание подвижного фосфора (по Чирикову)	20-25 мг/100 г почвы

питание растений, водообмен, увеличивают содержание хлорофилла, продуктивность фотосинтеза и транспирации. Все это в конечном итоге приводит к усилению роста, повышению урожая, ускорению его созревания и улучшению качества продукции [13].

Относительный положительный эффект гумусовых веществ возрастает при отклонении условий от оптимума (высокие и низкие температуры, недостаток влаги, засоление, высокие концентрации азота, ядохимикатов и др.). Предварительная обработка семян или растений гуматом повышает неспецифическую сопротивляемость их к стрессу и способствует активизации восстановительных процессов.

Таким образом, применение гумусовых веществ способствует не только повышению урожайности, но и устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, восстановлению продукционного процесса и уменьшению аккумуляции вредных веществ в сельскохозяйственной продукции. По своему действию на растения они могут быть отнесены не только к регуляторам роста, но и к адаптогенам.

Вегетационный период 2017 года характеризовался более низкими температурами воздуха по сравнению со среднемноголетними значениями в мае-июле и недостатком влаги в течение всей вегетации культуры. 2018 год отличался высокими среднемесячными температурами воздуха и недостаточным количеством атмосферных осадков на всем протяжении вегетационного периода. 2019 год характеризовался высокими температурными показателями в мае-июне и низкими в июле-сентябре, резким дефицитом влаги на всем протяжении вегетационного периода, что отрицательно сказалось на всходах культуры и на урожайности корнеплодов. Вегетационный период 2020 года по среднемесячным температурам воздуха был близок к среднемноголетним с недостаточным количеством осадков на протяжении всего периода. Хотя это обстоятельство негативно отразилось на урожайности корнеплодов, но позволило провести уборку в оптимальные агротехнические сроки и без потерь. Температурный режим 2021 года характеризовался высокими значениями температуры воздуха

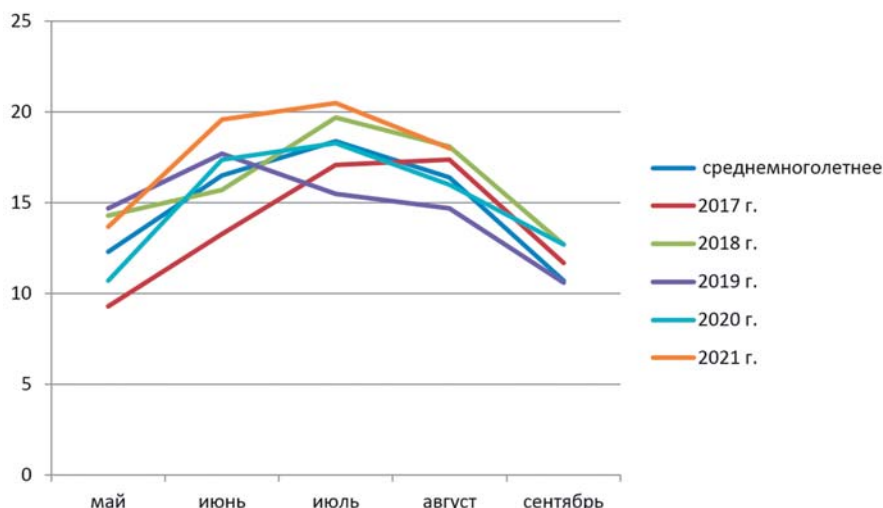


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, °C

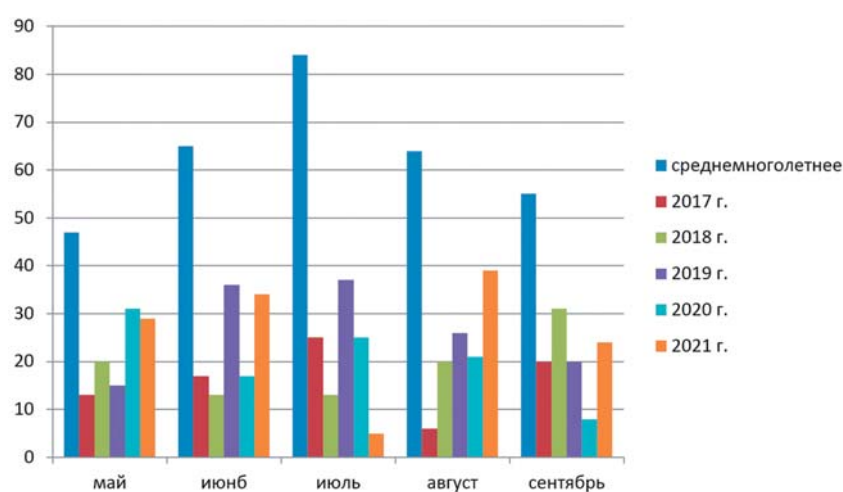


Рис.2. Месячное количество атмосферных осадков, мм

и недостатком атмосферных осадков в мае-августе, что отрицательно повлияло на всхожесть семян культуры корневого цикория и развитии растений в начальный период.

Закладку опыта осуществляли в соответствии с «Методикой полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» В.Ф. Белика и Т.Л. Бондаренко [15] и рекомендаций НИИПТХим по испытанию доз удобрений для различных с.-х. культур.

Учётная площадь делянки в мелкоделяночных опытах составила 21,2 м², повторность опыта 4-х кратная, форма делянки прямоугольная, расположение делянок рендомизированное. В производственном испытании учетная площадь делянки составляла 0,42 га. Для посева использовали семена цикория корневого сорта Ярославский.

Минеральные удобрения вносили в виде хлористого калия и азофоски и микроудобрения в виде опрыскивания вегетирующих растений 0,01% раствором борной кислоты. Проводили некорневую обработку посевов 0,02%-ным раствором препарата Гумистар для корнеплодов.

В 2017-2019 годах проводили лабораторно-полевой опыт по изучению влияния сидератов, минеральных удобрений и гумата на засорённость посевов и урожайность корнеплодов цикория по следующей схеме:

1. Чистый пар (контроль);
2. Чистый пар + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B;
3. Чистый пар + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B + гумат;
4. Овёс + горох;
5. Овёс + горох + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B;
6. Овёс + горох + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B + гумат;
7. Люпин;
8. Люпин + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B;
9. Люпин + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B = гумат;
10. Горчица;
11. Горчица + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B;
12. Горчица + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B + гумат.

В 2020-2021 годах проводили опытно-производственные проверки лучшего варианта по схеме:

1. Чистый пар (контроль без удобрений);
2. Овёс + горох + N₆₀P₆₀K₁₂₀ + B + гумат.

В период вегетации проводили биометрические измерения листового аппарата и засоренности посевов сорными растениями, а во время уборки – величину и структуру урожая. Величину фотосинтетического потенциала (ФП) вычисляли умножением средней площади листьев (L_{ср}) на длину вегетационного периода (T) по формуле

$$\text{ФП} = L_{\text{ср}} \times T_v$$

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) [16].

Результаты исследования

В ходе проведения мелкоделяночных опытов в процессе вегетации были проведены биометрические исследования листового аппарата, определён фотосинтетический потенциал посевов, который выявил существенное влияние сидератов и удобрений на рост и развитие растений. По показателю фотосинтетического потенциала почти все варианты опыта превосходили контроль (табл. 2). Наибольший фотосинтетический потенциал наблюдался в варианте овес + горох $N_{60}P_{60}K_{120} + B + \text{гумат}$, который составил 1,54 млн m^2 дней/га, в то время как на контроле лишь 0,53 млн m^2 дней/га. На этом же варианте отмечена наибольшая урожайность корнеплодов – 38,4 т/а, что на 16,7 т/га или на 76,9% больше, чем в контроле.

Сидеральные предшественники оказали некоторое влияние на засорённость посевов. Наименьшее количество сорных растений было обнаружено при использовании овсяно-гороховой смеси.

На дерново-подзолистых почвах Ярославской области лучшим сидеральным предшественником для цикория корневого является овсяно-гороховая смесь, а в сочетании с минеральными удобрениями, бором и гуматом даёт наибольшую урожайность кор-

неплодов и значительно снижает засорённость посевов.

В 2020-2021 годах проводили опытно-производственные проверки варианта овёс + горох + $N_{60}P_{60}K_{120} + B + \text{гумат}$, показавшего лучшие результаты в результате лабораторно-полевых опытов в 2017-2019 годах. Результаты исследований представлены в таблицах 3-4.

Важнейшим показателем в связи с применением сидератов является засорённость посевов, средние показатели которой представлены в таблице 3. Общее количество сорняков снизилось по сравнению с контролем на 41,4% – в 2020 году, на 53,7% – в 2021 году, на 45,2% – в среднем за 2 года.

По количеству малолетних и многолетних сорных растений прослеживалась та же тенденция, что и по общему количеству сорняков. На горохово-овсяной смеси с применением минеральных удобрений и гумата наблюдалось снижение малолетних сорняков на 45,2%, многолетних однодольных – на 44,4%, многолетних двудольных – на 46,1% в среднем за 2 года.

В таблице 4 приведены показатели фотосинтетического потенциала, величина которых характеризует посевы культуры цикория корневого за годы исследований как среднепродуктивные.

Таблица 2. Влияние сидератов, макро- и микроудобрений на урожайность и засорённость посевов цикория корневого (в среднем за 2017-2019 годы)
Table 2. The effect of green manure, macro- and microfertilizers on the yield and infestation of chicory root crops (2017-2019)

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность			Фотосинтетический потенциал млн m^2 дней/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м 2 сутки	Количество сорняков		Площадь листовой поверхности cm^2
		т/га	отклонение от контроля т/га	% к контролю			шт./м 2	% к контролю	
1	Чистый пар (контроль)	21,7	-	100,0	0,53	41,69	26,1	100,0	2687,4
2	Чистый пар $N_{60}P_{60}K_{120}+B$	26,2	4,5	120,7	0,74	42,40	22,8	87,4	3637,6
3	Чистый пар $N_{60}P_{60}K_{120}+\text{гумат}$	32,0	10,3	147,5	0,97	37,16	29,1	111,5	4973,4
4	Овес + горох	24,9	3,2	114,7	0,65	38,48	15,8	60,5	3109,2
5	Овес + горох $N_{60}P_{60}K_{120}+B$	32,9	11,2	151,6	1,04	35,33	19,1	73,2	4810,6
6	Овес + горох $N_{60}P_{60}K_{120}+B+\text{гумат}$	38,4	16,7	176,9	1,54	27,56	15,8	60,5	7334,3
7	Люпин	24,2	2,5	115,5	0,53	49,43	15,7	60,2	2864,2
8	Люпин $N_{60}P_{60}K_{120}+B$	28,0	6,3	129,0	1,04	38,20	18,6	71,3	3926,3
9	Люпин $N_{60}P_{60}K_{120}+B+\text{гумат}$	32,8	11,1	151,2	1,21	33,12	21,0	80,0	5527,6
10	Горчица	23,5	1,8	108,3	0,51	48,89	20,3	71,8	2855,7
11	Горчица $N_{60}P_{60}K_{120}+B$	29,5	7,8	135,9	0,85	43,53	19,9	76,2	3836,2
12	Горчица $N_{60}P_{60}K_{120}+B+\text{гумат}$	34,5	12,8	158,9	1,23	39,92	16,2	62,1	5218,4
	НСР $_{05}$, т/га	2,92							

Таблица 3. Влияние сидератов на численность сорных растений в посевах цикория корневого
Table 3. Influence of green manure on the number of weeds in crops of root chicory

Вариант	Общее количество		В том числе					
			малолетние		многолетние			
	шт./м²	% к контролю	шт./м²	% к контролю	однодольные		двудольные	
					шт./м²	% к контролю	шт./м²	% к контролю
2020 год								
Контроль	26,3	100,0	11,8	100,0	2,6	100,0	11,9	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B + гумат	15,4	58,6	7,0	59,3	1,7	65,4	6,7	56,3
2021 год								
Контроль	13,6	100,0	6,7	100,0	1,0	100,0	5,9	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B + гумат	6,3	46,3	3,1	46,3	0,3	30,0	2,9	49,2
среднее								
Контроль	19,9	100,0	9,3	100,0	1,8	100,0	8,9	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B + гумат	10,9	54,8	5,1	54,8	1,0	55,6	4,8	53,9

Таблица 4. Влияние сидератов, минеральных удобрений и гумата на урожайность, интенсивность и продуктивность фотосинтеза цикория корневого
Table 4. Influence of green manure, mineral fertilizers and humate on the yield, intensity and productivity of photosynthesis of root chicory

Вариант	Урожайность корнеплодов			Фотосинтетический потенциал, млн м²дней/га	Чистая продуктивность фотосинтеза	
	т/га	отклонение от контроля, т/га	% к контролю		г/м² сутки	% к контролю
2020 год						
Контроль	29,8	-	100,0	0,9	32,4	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B+B + гумат	41,4	11,6	138,9	1,9	21,8	65,5
2021 год						
Контроль	31,4	-	100,0	1,1	28,5	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B+B + гумат	37,3	5,9	118,8	1,5	24,9	87,4
среднее						
Контроль	30,6	-	100,0	1,0	30,5	100,0
Овес + горох N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +B+B + гумат	39,4	8,8	128,8	1,7	23,4	76,7

Таблица 5. Экономическая эффективность выращивания цикория корневого
Table 5. Economic efficiency of growing chicory root

№ варианта	Вариант	Затраты труда, тыс. руб./га	Себестоимость продукции, тыс. руб./т	Чистый доход, тыс. руб./га
1	Контроль (чистый пар)	94,8	3,6	104,1
2	Овес + горох + N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + B + гумат	123,6	3,2	129,0

В результате испытаний установлено, что урожайность корнеплодов на варианте Овёс + горох + N60P60K120 + В + гумат составила в среднем за два года исследований – 39,4 т/га (128,8% к контролю).

В таблице 5 представлены показатели экономической эффективности различных технологий возделывания корневого цикория.

В технологии возделывания цикория корневого с применением сидератов, минеральных удобрений и гумата затраты труда на гектар несколько возросли, но за счёт повышения урожайности себестоимость продукции снижена на 0,4 тыс.руб./т, а условный чистый доход возрос на 24,9 тыс.руб./га.

Рентабельность рекомендуемого варианта составила 104,4%.

Заключение

На дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны РФ экономически целесообразно при возделывании цикория корневого применять технологию с использованием в качестве предшественника овсяно-гороховой смеси в сочетании с внесением в почву минеральных удобрений в дозе N60P60K120 и обработкой вегетирующих растений бором и гуматом. При применении данной технологии уменьшается засоренность посевов, увеличивается их фотосинтетический потенциал и урожайность корнеплодов, снижается себестоимость продукции, а рентабельность превышает 104%.

Об авторах:

Ольга Михайловна Вьютова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1171-6736>, автор для переписки, rossc2010@yandex.ru

Ирина Викторовна Смирнова – руководитель Ростовской ОСЦ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», <https://orcid.org/0000-0002-5201-2252>

Ирина Александровна Новикова – научный сотрудник

Ксения Сергеевна Максимова – младший научный сотрудник

About the Authors:

Olga M. Vyutova – Senior Researcher, Cand. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0003-1171-6736>, Correspondence Author, rossc2010@yandex.ru

Irina V. Smirnova – Head of the Rostov OSC – a branch of the Rostov Vegetable experimental station on chicory – Branch of the FSBSI FSVC, <https://orcid.org/0000-0002-5201-2252>

Irina A. Novikova – Researcher

Ksenia S. Maksimova – Junior Researcher

• Литература

1. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лёжкость овощей. М., 2003.
2. Иванова С.С. Влияние предшественников и удобрений на плодородие слабоглееватой дерновоподзолистой почвы и продуктивность севооборотных звеньев с цикорием корневым. 2009. С.67-74.
3. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. М., 2008.
4. Иванова С.С. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай и качество цикория корневого. *Земледелие*. 2010;(1):32-33.
5. Авдонин Н.С. Цикорий. М., 1935.
6. Эдельштейн В.И. Овощеводство. М., 1953.
7. Коломитец А.А., Васючков И.Ю., Успенская О.Н., Долгополова М.А., Тимакова Л.Н. Диагностика минерального питания свеклы столовой на пойменных почвах Нечернозёмной зоны. *Картофель и овощи*. 2018;(12):9.
8. Марчук Е.В. Эффективность минеральной и органической систем удобрений на дерново-подзолистой почве при дефицитном балансе элементов питания. *Агрохимический вестник*. 2019;(3):22-27.
9. Ягодин Б.А. Агрохимия. М., 1982.
10. Вьютова О.М., Евсеева Е.А. Действие сидератов, минеральных удобрений и гумата на засорённость посевов и урожайность корнеплодов цикория корневого. *Овощи России*. 2017;(5):62-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-62-64>
11. Bass L.P., Ravishankar G.A. Overview of *Cichorium intybus* L – cultivation, processing, utility, value added and biotechnology, with an emphasis on the current state and prospects for the future. *Journal of Food and Agriculture Science*. 2001;(81):467-484.
12. Stapelberg W.P., Coertze A.F. Chicory. Q: Growing vegetables in South Africa. *Agricultural Research Council*. 1995. pp. 1-6.
13. Аввакумова Н.П., Кривопалова М.А., Глубокова М.Н., Катунина Е.Е., Фомин И.В. Гуматы кальция и бария: синтез, физико-химические свойства. *Известия самарского государственного научного центра*. 2016;(3):95-97.
14. Чистяков А.В. Гуматы нового поколения. *Защита и карантин растений*. 2012;(4):32-33.
15. Белик В.Ф. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. Москва. Агропромиздат. 1992. С.319.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, Агропромиздат. 1985.

• References

1. Borisov V.A., Litvinov S.S., Romanova A.V. Quality and keeping quality of vegetables. M., 2003. (In Russ.)
2. Ivanova S.S. The influence of precursors and fertilizers on the fertility of weakly glutinous turf-podzolic soil and the productivity of crop rotation links with root chicory. 2009. pp. 67-74. (In Russ.)
3. Litvinov S.S. Scientific foundations of modern vegetable growing. M., 2008. (In Russ.)
4. Ivanova S.S. The influence of precursors and mineral fertilizers on the yield and quality of root chicory. *Agriculture*. 2010;(1):32-33. (In Russ.)
5. Avdonin N.S. Chicory. M., 1935. (In Russ.)
6. Edelstein V.I. Vegetable growing. M., 1953. (In Russ.)
7. Kolomitets A.A., Vasyuchkov I.Y., Uspenskaya O.N., Dolgoplova M.A., Timakova L.N. Diagnostics of mineral nutrition of table beet on floodplain soils of the Non-Chernozem zone *Potatoes and vegetables*. 2018;(12):9. (In Russ.)
8. Marchuk E.V. Efficiency of mineral and organic fertilizer systems on sod-podzolic soil with a deficient balance of nutrition elements. *Agrochemical Bulletin*. 2019;(3):22-27. (In Russ.)
9. Yagodin B.A. Agrochemistry. M., 1982. (In Russ.)
10. Vjutnova O.M., Evseeva E.A. The influence of green manure crop, mineral fertilizers and humates on weed infestation of crop area and yielding ability in chicory. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):62-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-62-64>
11. Bass L.P., Ravishankar G.A. Overview of *Cichorium intybus* L – cultivation, processing, utility, value added and biotechnology, with an emphasis on the current state and prospects for the future. *Journal of Food and Agriculture Science*. 2001;(81):467-484.
12. Stapelberg W.P., Coertze A.F. Chicory. Q: Growing vegetables in South Africa. *Agricultural Research Council*. 1995. pp. 1-6.
13. Avvakumova N.P., Krivopalova M.A., Glubokova M.N., Katunina E.E., Fomin I.V. Calcium and barium humates: synthesis, physico-chemical properties. *Proceedings of the Samara State Scientific Center*. 2016;(3):95-97. (In Russ.)
14. Chistyakov A.V. New generation humates. *Plant protection and quarantine*. 2012;(4):32-33. (In Russ.)
15. Belik V.F. Methodology of field experience in vegetable growing and melon growing. Moscow. Agropromizdat. 1992. P. 319. (In Russ.)
16. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow, Agropromizdat. 1985. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129>
УДК 631.6:631.311.5

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. Тимирязевская, д.49

*Адрес для переписки: hamzat72@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Абдулмажидов Х.А. Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов. *Овощи России*. 2022;(6):125-129. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129>

Поступила в редакцию: 12.09.2022

Принята к печати: 15.10.2022

Опубликована: 02.12.2022

Khamzat A. Abdulmazhidov

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russian Federation

*Correspondence: hamzat72@mail.ru

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

For citations: Abdulmazhidov Kh.A. Dependence of the performance of the reclaiming sewer cleaner with rigid guides from interchangeable bucket tools capabilities. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):125-129. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-125-129>

Received: 12.09.2022

Accepted for publication: 15.10.2022

Published: 02.12.2022

Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов



Резюме

Актуальность. Очистка мелиоративных каналов является весьма актуальным мероприятием. Необходимость очистки каналов и поддержание их в работоспособном состоянии становится очевидным в паводковый период, когда требуется отводить излишки воды. В статье представлены математические модели для определения производительности каналоочистителя РР-303, особенностью которого является прямолинейное движение ковша по жестким направляющим по дну вдоль оси очищаемого канала.

Материал и методы. Статья сформирована на основе экспериментальных методов исследования. В качестве объекта исследования принята сеть мелиоративных каналов осушительной системы, а в качестве предмета исследований рабочее оборудование каналоочистительной машины. Производительность, представляющая собой количество продукции вырабатываемой машиной за единицу времени может быть трех видов теоретическая, техническая и эксплуатационная, определена с учетом параметров конструкции рабочего оборудования. При работе каналокопателей их производительность напрямую зависит от основного параметра – глубины строящегося канала, в случае очистки каналов каналоочистительными машинами данный параметр не может быть рассмотрен в качестве основного. Это связано с тем, что наносы и заиливания, накапливающиеся на дне и откосах каналов в процессе эксплуатации мелиоративной системы, крайне неравномерно распределены по длине канала. Наибольшая концентрация и количество наносов и заиливаний наблюдается в основном в устье каналов, в местах сопряжения каналов разного уровня, в местах соединения дренажа с осушительным каналом. Наиболее значимым в этом случае параметром является толщина стружки снимаемой рабочим органом ковшом со дна и откосов канала.

Результаты исследований показали, что на производительность каналоочистителя, как машины периодического действия, влияет сама конструкция рабочего оборудования, главным элементом которой является ковш способный перемещаться прямолинейно по жестким направляющим с различными скоростями. При очевидных высоких значениях производительности каналоочистительных машин непрерывного действия, можно сделать вывод о том, что каналоочиститель РР-303 показал высокие значения технико-эксплуатационных характеристик, главным образом за счет применения ковша трапециевидального профиля.

Ключевые слова: мелиоративные системы, осушительные каналы, производительность каналоочистителей, наносы, заиливания, пропускная способность каналов

Dependence of the performance of the reclaiming sewer cleaner with rigid guides from interchangeable bucket tools capabilities

Abstract

Relevance. Cleaning of reclamation channels is a very relevant event. The need to clean the canals and maintain them in working condition becomes obvious during the flood period, when it is necessary to remove excess water. The paper presents mathematical models for determining the performance of the PP-303 canal cleaner, a feature of which is the rectilinear movement of the bucket on rigid guides along the bottom along the axis of the canal to be cleaned.

Methods. The article is formed on the basis of experimental research methods. The research was carried out based on experimental and calculated data. A network of drainage canals of the drainage system was taken as the research object, and the working equipment of the canal cleaner was taken as the research subject. Performance, which is the amount of products produced by the machine per unit of time, can be of three types (theoretical, technical, and operational) and can be determined with consideration of the design parameters of the working equipment. During the operation of trench cutting machines, their performance directly depends on the main parameter, namely, the depth of the canal being built; in the case of canal cleaning with canal cleaners, this parameter cannot be considered as the main one. This is due to the fact that siltation and sediments accumulating on the bottom and slopes of the canals during the operation of the reclamation system are extremely unevenly distributed along the length of the canal. The highest concentration and amount of sediments and siltation is observed mainly at the mouth of the canals, the junctions of canals of different levels, and the junctions of the drainage with the drainage canal. In this case, the most significant parameter is the thickness of the chips removed from the bottom and slopes of the canal by the bucket.

Results. The results of the research showed that the performance of the channel cleaner, as a batch machine, is influenced by the very design of the working equipment, the main element of which is a bucket capable of moving in a straight line along rigid guides at different speeds. With obvious high values of the performance of continuous channel cleaning machines, it can be concluded that the channel cleaner RR-303 showed high values of technical and operational characteristics, mainly due to the use of a trapezoidal profile bucket.

Keywords: reclamation systems, drainage channels, productivity of channel cleaners, sediments, siltation, channel capacity

Введение

Качественная работа мелиоративной системы напрямую зависит от состояния мелиоративных каналов, от качества и периодичности их очистки и ремонтов. Эксплуатация мелиоративных каналов подразумевает проведение их текущего и капитального ремонта, кроме того на мелиоративных предприятиях необходимо проводить тщательный уход каналов для обеспечения качественной работы всей системы. Современный рынок каналоочистительных машин не обладает таким разнообразием, количеством и типоразмерами машин, которые производились в СССР с 1960 по 1980 годы. В настоящее время для очистки и ремонта каналов мелиоративных систем зачастую вместо применения специальных каналоочистительных машин используются общестроительные экскаваторы, адаптированные для проведения очистных операций с уширенными ковшами. Мелиораторам приходится решать сложную задачу по очистке каналов в условиях дефицита специальных машин и выбору общестроительных экскаваторов с пероснасткой рабочего оборудования.

В советское время на территории РСФСР различные заводы выпускали каналоочистители с различными видами рабочего оборудования с активными рабочими органами, с пассивными рабочими органами, работающие по седлающей схеме, внутриканальные, а также машины, перемещающиеся по берме очищаемого канала.

В целом для очистки мелиоративных каналов от наносов, заиления и растительности выпускались следующие марки машин МР-14, МР-15, МР-16, КЛН-1,2, МР-7А, МР-21, ЭМ-202, КМ-82, РР-303. Выпуск многих из них в настоящее время не осуществляется. Широко используется каналоочистительная машина ОКН-0,5. При этом очевидно, что при формировании каналоочистительных комплексов машин применение только одного типа машин недостаточно. И, в то же время наличие большого количества машин в одном комплексе будет нецелесообразно с экономической точки зрения.

Во многом качественная работа каналоочистительного комплекса зависит от технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей ведущей машины комплекса.

Выбор конкретной каналоочистительной машины в качестве ведущей зависит от типа канала, назначения и его геометрических параметров. Большинство каналов

как осушительной, так и оросительной систем имеют трапециевидальный профиль. На мелиоративных системах встречаются и каналы параболического профиля, форма которых максимально приближена к форме естественных каналов – осушителей т.е. рек. Однако очистка таких каналов обычными ковшовыми каналоочистителями или одноковшовыми общестроительными экскаваторами сохраняя при этом первоначальный профиль, является сложной задачей. Сохранение первоначального конструктивного проектного профиля, обеспечивающего требуемую пропускную способность в процессе эксплуатации, является основной задачей мелиораторов [1, 2, 3].

Осушительные каналы мелиоративной системы могут быть выполнены в земляном теле или в насыпи с укреплением дна и откосов. Очистка каналов с укрепленным дном вызывает определенные сложности при использовании одноковшовых общестроительных экскаваторов, заключающиеся в разрушении элементов укрепления. В этом случае для очистки дна канала наиболее подходит каналоочиститель с ковшом прямоугольного профиля на жестких направляющих. Такой вариант ковша в конструкции данной машины перемещается по дну, по оси канала, не разрушая при этом элементы крепления (фашины, доски, и т.п.) и очищает только дно канала. На мелиоративных каналах большой протяженности сложно с экономической точки зрения обеспечить укрепление дна и откосов каналов, поэтому каналы выполняются в земляном теле. Очистку канала при этом можно выполнить с ковшом трапециевидального профиля на жестких направляющих, который будет очищать не только дно канала, но и откосы.

Методы исследования.

Работа выполнена с помощью пакета математического моделирования, для определения производительности каналоочистителя РР-303 в различных условиях эксплуатации с применением ковша прямоугольного и трапециевидального профиля. Кроме того, проводились экспериментальные исследования с уменьшенной моделью ковша каналоочистителя в лабораторных условиях. Эксперименты проводились на грунтовом лотке, к верхней части которого приварены уголки служащие жесткими направляющими по аналогии с рабочим оборудованием каналоочистителя. Исследования проводились по

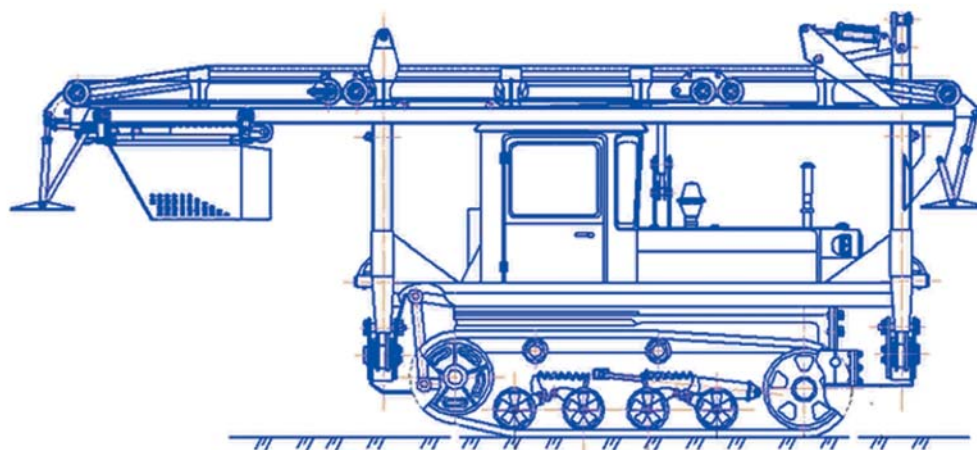


Рис. 1. Каналоочиститель РР-303
Fig. 1. Channel cleaner RR-303

схеме однофакторного эксперимента, целевой функцией принимались тяговые сопротивления и качество формирования (очистки) профиля канала. В качестве фактора, влияющего на целевую функцию, принималась толщина снимаемой стружки грунта. Учитывая, что машина работает позиционно, определялась также производительность модели ковша на лотке за один проход.

Каналоочиститель РР-303 предназначен для ежегодного текущего ухода за мелиоративными каналами регулирующей сети. Каналоочиститель может производить очистку дна каналов как с укрепленными, так и неукрепленными откосами с шириной по дну 0,4 м и глубиной до 3,5 м. Оборудование каналоочистителя монтируется на гусеничном тракторе тягового класса 3,0 – ДТ-75Б. Для управления каналоочистителем, которое осуществляется из кабины машиниста, используется гидросистема базового трактора. Каналоочиститель РР-303 (рис. 1) имеет рабочий орган типа «струг», выполненный в виде направляющей балки, по которой перемещается ковш.

Направляющая балка имеет сварную конструкцию, изготовлена из двух швеллеров №14, снабжена двумя концевыми регулируемыми по высоте опорами. Монтируется балка на двух телескопических стрелах, которые шарнирно установлены на поперечных брусках, расположенных впереди и сзади базового трактора [4, 5, 6].

Цикл работы каналоочистителя состоит из следующих последовательно выполняемых операций: опускание жестких направляющих с ковшом на дно канала и установка их на опоры; движение ковша по направляющим со снятием стружки определенной толщины на длину жестких направляющих; подъем жестких направляющих с наполненным ковшом; обратное движение ковша на направляющих с одновременной выгрузкой; переезд машины на следующую позицию на расстояние равное перемещению ковша на жестких направляющих. Теоретическую производительность каналоочистителя как машины периодического действия можно определить по формуле [7, 8, 9, 10]:

$$P_T = 60qn = \frac{3600q}{t_{\Sigma}}$$

где P_T – теоретическая производительность каналоочистителя, м³/ч;

q – вместимость ковша или объем наносов и заилений, удаленных со дна канала за один цикл, м³;

n – конструкторско-расчетное количество циклов, выполненных каналоочистителем за одну минуту;

t_{Σ} – теоретическая продолжительность одного цикла, с.

Теоретическая продолжительность одного цикла каналоочистительной машины: $t_{\Sigma} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$; где t_1 , t_2 , t_3 , t_4 – продолжительности операций опускания ковша на дно, движения ковша (копания), подъема ковша с грунтом (наносами), выгрузки ковша.

Вместимость ковша используемого для очистки канала с закрепленным дном определяется по формуле:

$$q = b \cdot h \cdot l \cdot k_n \cdot k_p$$

где b – ширина ковша, соответствующая ширине канала по дну, м;

h – высота ковша, м; l – длина ковша, м;

k_n – коэффициент наполнения ковша, $k_n = 0,8 \dots 1,1$;

k_p – коэффициент разрыхления разрабатываемых грунтов, заилений или наносов, $k_p = 1,0 \dots 1,2$ в зависимости от типа и состояния разрабатываемой среды.

Вместимость ковша трапециевидального профиля, используемого для очистки канала с незакрепленным дном определяется по формуле:

$$q = \frac{(a+b)}{2} \cdot h \cdot l \cdot k_n \cdot k_p$$

где a – ширина ковша по верху, м.

Диапазон изменения значения коэффициента наполнения ковша объясняется тем, что ковш, в зависимости от выбранной толщины стружки, может быть заполнен не полностью или наоборот с «горочкой». Диапазон изменения коэффициента разрыхления поясняется характером и состоянием наносов, наличием воды на дне канала.

Очевидно, что из вышеотмеченного на производительность каналоочистителя влияет скорость опускания жестких направляющих с ковшом на дно канала и установки их на опоры; скорость движения ковша по направляющим со снятием стружки определенной толщины на длину жестких направляющих; скорость подъема жестких направляющих с наполненным ковшом; скорость обратного движения ковша на направ-



а)



б)

Рис. 2. Экспериментальные исследования работы ковша на грунтовом лотке: а) установка модели на тележку лотка; б) формирование профиля канала

Fig. 2. Experimental studies of the bucket operation on the ground tray: а) installation of the model on the tray trolley; б) channel profiling

ляющих с одновременной выгрузкой; скорость переезда машины на следующую позицию на расстояние равное перемещению ковша на жестких направляющих. Модель ковша каналоочистителя в работе в лабораторных условиях представлена на рисунке 1.

Когда речь идет о максимальной производительности, имеется в виду, что машинист каналоочистителя обладает достаточным профессионализмом и имеет высокие навыки и опыт работы по очистке каналов на данной машине.

Важное значение при работе каналоочистителя имеет выбор оптимальной толщины стружки с учетом максимальной длины перемещения ковша на жестких направляющих. Эта величина для каналоочистителя РР-303 равна 5,5 м. Выбор слишком большой толщины стружки может привести к тому, что ковш наполнится на середине пути движения и на одной и той же позиции приходится проводить операцию дважды. Или может быть другая ситуация, когда толщина стружки незначительная и ковш в конце пути движения все еще неполный. Зная вместимость ковша и длину перемещения ковша по жестким направляющим можно определить толщину стружки, при которой к концу движения ковш будет полным.

Для определения технической производительности на трассе канала размечались участки длиной 100 м секундомером измерялось время их прохождения. По количеству кучек выброшенных наносов определялось число циклов на контрольном участке, после чего оценивалась фактическая длина рабочего хода ковша. Средняя фактическая длина рабочего хода ковша составила 4,7-4,9 м для каналов глубиной до 1,2 м и 4,3-4,5 для каналов глубиной до 3 м.

Объем наносов, удаляемых ковшом со дна канала при известной толщине стружки можно определить по формуле:

$$V = \int_0^l S dx$$

где S – площадь поперечного сечения стружки, m^2 . Однако данное выражение позволяет определить объем наносов при равномерном их распределении по высоте для всего выбранного участка.

Результаты и обсуждение

Испытания модели ковша, проведенные в лабораторных условиях, показали качественное выполнение рабочей операции по разработке грунта и формированию трапецеидального профиля канала. Обеспечение прямолинейности поперечного профиля канала по всей длине хода обусловлено главным образом наличием жестких направляющих. Также из проведенных исследований видно, что на производительность каналоочистителя РР-303 влияют такие факторы как продолжительность всех операций цикла, состояние и характер разрабатываемых грунтов, наносов и заиленных, толщина стружки.

Каналоочиститель РР-303 на базе трактора ДТ-75 или другого аналога является работоспособной машиной, соответствующей своему назначению. Полученные в результате испытаний технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели выпол-

не приемлемы. Основным преимуществом данной машины по сравнению с другими типами каналоочистителей является высокое качество выполняемых работ, сравнительно высокая для машин периодического действия производительность и способность очищать каналы с укрепленным дном. По своим параметрам, каналоочиститель способен очищать дно каналов глубиной до 2,5 м при заложении откосов 1:1,5; т.е. может быть применен для очистки более 70% всех осушительных каналов зоны избыточного увлажнения [11, 12, 13].

Очистка мелиоративных каналов определенно требует применения целого комплекса машин, в состав которого будут входить машины в зависимости от видов работ выполняемых при восстановлении каналов. К технологическим операциям при очистительных работах можно отнести: удаление наносов, заиленных и растительности со дна каналов канала, размещение их на берме, сбор наносов в кучи, транспортировка и утилизация. Соответственно для выполнения данных операций в рамках комплекса могут быть применены такие машины как ведущий каналоочиститель, бульдозер, одноковшовый экскаватор и грузовой автомобиль-самосвал.

В качестве ведущего каналоочистителя при выполнении очистных работ целесообразно применить русловой ремонтер РР-303. Каналоочиститель отличается простотой конструкции в сочетании с достаточной прочностью, жесткостью и надежностью технологического процесса. К достоинствам технологического процесса следует отнести:

- способность работы в широком диапазоне грунтовых условий: на торфяных и минеральных грунтах, в том числе с каменистыми включениями и погребенной древесиной;
- способность работы при зарастании канала растительностью, а также на каналах, а также на каналах как с водой, так и без нее;
- выгрузка грунта осуществляется на берму канала (на полосу движения базовой машины) без попадания его на откосы канала;
- навеска каналоочистителя не снижает мобильности базовой машины;
- осуществляется качественная планировка дна канала независимо от состояния бермы и положения на ней базовой машины;
- работа может производиться и в налипающих грунтах, поскольку разгрузка ковша осуществляется принудительно;
- наличие сменных ковшей позволяет с наибольшей эффективностью очищать каналы с различной шириной по дну;
- наличие ковшей трапецеидального профиля позволяет проводить очистку от наносов и заиленных не только дна канала, но и прилежащих ко дну откосов каналов;
- возможность применения на всех типах осушительных каналов с различной глубиной, ширины по дну и заложением откосов;
- возможность применения рабочего оборудования не только на базовом гусеничном тракторе третьего тягового класса, но и в качестве сменного оборудования к одноковшовому экскаватору.

Выводы

Применение ковшей прямоугольного профиля для очистки каналов с незакрепленным дном приводит к снижению производительности, это связано с тем, что часть наносов, оставшихся на откосах сползает на дно канала, и, операцию по очистке приходится повторить.

Увеличение производительности каналаочистителя РР-303 может быть достигнуто внесением в конструкцию машины следующих изменений и дополнений:

- увеличение скорости движения ковша при наборе и холостом ходе, а также скорости подъема рабоче-

го органа за счет установки насосов с большей подачей, благодаря чему возможно увеличение производительности каналаочистителя в полтора раза;

- ограничение возможных перемещений рабочего органа в горизонтальной плоскости при выгрузке грунта;
- улучшение условий разгрузки ковша за счет изменения конструкции крепления ковша к траверсе;
- применение для очистки незакрепленных каналов сменных ковшей с трапецидальным профилем.

Об авторе:

Хамзат Арсланбекович Абдулмажидов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиоративные и строительные машины» Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, адрес для переписки: hamzat72@mail.ru

About the Author:

Khamzat A. Abdulmazhidov – Cand. Sci. (Engineering), Docent of the Department of Reclamation and Construction Machinery of the Institute of Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov, Correspondence, hamzat72@mail.ru

• Литература

1. Абдулмажидов Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшевых каналаочистительных машин для зоны осушения. Москва, 2000.
2. Погодин Н.Н., Анженков А.С., Болбышко В.А. Малокапитальная технология очистки от заиливания приустьевой части коллекторной сети и водопропускных сооружений. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018;(4):43-46.
3. Соловьев Д.А., Анисимов С.А., Горюнов Д.Г. Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов. В сборнике: Основные проблемы сельскохозяйственных наук. *Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции*. 2016. С.11-16.
4. Пунинский В.С. Совершенствование каналаочистительных машин для восстановления функционирования мелиоративной сети. Основные результаты научных исследований института за 2017 год: Сборник научных трудов. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. С. 292-301.
5. Басаревский А.Н., Кравченко К.А. Аналитический обзор машин для очистки профиля дна мелиоративных каналов от наносов и сорной растительности. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции: в 3 т., Минск, 22–23 октября 2014 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. С. 80-86.
6. Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Горелько В.М. О Системе перспективных машин для реализации инновационных технологий проведения агро-мелиоративных работ. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: международная научно-техническая конференция. В 2 т., Минск, 21–22 октября 2015 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2015. С. 95-100.
7. Абдулмажидов Х.А. Конструктивные особенности и расчет производительности каналаочистителя с ковшом на жесткой направляющей. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина"*. 2017;2(78):21-25.
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. Грищенко В.В. Исследование процесса резания и удаления измельченной растительности комбинированным режущим аппаратом косилки. *Modern Science*. 2020;(8-1):364-370.
11. Lee A., Usmonov T., Norov B. Sealing and cleaning of channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 23–25 апреля 2020 года. Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 2020. P. 012062. DOI 10.1088/1757-899X/883/1/012062.
12. Usmonov T., Dzhuhaev N., Lee A. The working body of the tray cleaner Modern eco-logical state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management. Collection of Scientific Articles of the III International Scientific and Practical Internet Conference. 2018. Pp. 99-110.
13. Usmonov T., Lee A., Sharipov A. On theoretical studies of the working body of the tray cleaner. Agricultural Science of the XXI Century Actual Research and Prospects Collection of Scientific Reports International Scientific-practical Conference. 2016. Pp. 215-221.

• References

1. Abdulmazhidov Kh.A. Justification of the Main Parameters and Operating Modes of Bucket-Type Canal Cleaner for the Drainage Zone. Moscow, Moscow state university of environmental management, 2000. (In Russ.)
2. Pogodin N.N., Anzhenkov A.S., Bolbyshko V.A. Low-cost technology for desilting the near-mouth part of the collector network and culverts, *Melioration and water management*. 2018;(4):43-46. (In Russ.)
3. Soloviev D.A., Anisimov S.A., Goryunov D.G. Improved technology for cleaning irrigation canals from trees, shrubs, and sediments. Basic Problems of Agricultural Sciences. Collection of Scientific Papers on the Results of the International Scientific and Practical Conference (Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, 2016), pp. 11–16. (In Russ.)
4. Puninsky V.S. Improvement of sewer cleaning machines for the restoration of the functioning of the reclamation network. Main results of scientific research of the institute for 2017: Collection of scientific papers. Moscow: All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 2018. P. 292-301. (In Russ.)
5. Basarevsky A.N., Kravchenin K.A. Analytical review of machines for cleaning the profile of the bottom of reclamation canals from sediments and weeds. Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International Scientific and technical conference: in 3 volumes, Minsk, October 22–23, 2014. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization", 2014. P. 80-86. (In Russ.)
6. Bakach N.G., Volodkevich V.I., Gorelko V.M. On the system of advanced machines for the implementation of innovative technologies for agro-reclamation works. Scientific and technical progress in agricultural production. : international scientific and technical conference. In 2 volumes, Minsk, October 21–22, 2015. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization", 2015. - P. 95-100. (In Russ.)
7. Abdulmazhidov Kh.A. Design features and calculation of performance of a canal cleaner with a bucket on rigid guides. *Vestnik of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State Agroengineering University Named After V.P. Goryachkin*. 2017;2(78):21-25. (In Russ.)
8. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Studying the operation of machines for cleaning reclamation canals and reservoirs for fire-fighting purposes from trees and shrubs, *Construction and Road Building Machinery*. 2014;(7):14-20. (In Russ.)
9. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Goryunov D.G., Anisimov S.A. Field research of machines for cleaning reclamation canals and reservoirs for fire-fighting purposes from the tree and shrub vegetation. *The Agrarian Scientific Journal*. 2014;(12):51-55. (In Russ.)
10. Grishchenko V.V. Study of the process of cutting and removing chopped vegetation with a combined mower cutting device. *Modern Science*. 2020;(8-1):364-370. (In Russ.)
11. Lee A., Usmonov T., Norov B. Sealing and cleaning of channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 23–25 апреля 2020 года. –Kari Niyozov street, 39-house, Tashkent City, 2020. P. 012062. DOI 10.1088/1757-899X/883/1/012062.
12. Usmonov T., Dzhuhaev N., Lee A. The working body of the tray cleaner Modern eco-logical state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management. Collection of Scientific Articles of the III International Scientific and Practical Internet Conference. 2018. Pp. 99-110.
13. Usmonov T., Lee A., Sharipov A. On theoretical studies of the working body of the tray cleaner. Agricultural Science of the XXI Century Actual Research and Prospects Collection of Scientific Reports International Scientific-practical Conference. 2016. Pp. 215-221.



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