

Овощи России

Научно-практический журнал
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» 13168

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

4 2021

VEGETABLE
crops of RUSSIA
The journal of science and practical applications in agriculture



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

Капуста кольраби Соната F₁

Среднеспелый: 90 суток от посева до уборки и 55-60 суток - от высадки рассады, пригоден для 2-3 посевов за лето. Стеблеплоды выровненные, крупные - от 300 до 750 г, диаметром 10-12 см, с красивой сиренево-фиолетовой окраской.

Мякоть белая, сочная и нежная, с высоким содержанием витамина С - 50 мг%, белка и минеральных солей, идеальна для витаминных салатов в летне-осенний период.

Гибрид с дружным созреванием, засухоустойчивый и жаростойкий.

Урожайность - 2,5-3 кг/м².

Схема посева - 60 х 35 см. Возможно использовать в качестве уплотняющей культуры.

Микрозелень из семян капусты кольраби сочная, нежная, с приятным ароматом, мягким освежающим вкусом и пикантным послевкусием. Она укрепляет иммунитет,

снижает давление, стимулирует пищеварение. Растёт и развивается быстро.

Ростки с красивой сиренево-фиолетовой окраской. Срезка - на 7-10 день.



Капуста Соната F₁

Приобрести «СЕМЕНА ВНИССОК»

вы можете разными способами, в зависимости от количества и упаковки:

1. Для оптовых покупателей/производителей/фермеров мы предлагаем семена в:

- Цветных пакетах
- Профессиональной упаковке
- Весовые семена

Телефон: +7 (495) 594-77-17

Электронная почта: vniissokseeds@yandex.ru

Отдел продаж находится в центральном офисе по адресу:

143080, Россия, Московская область,

Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Оплата производится по безналичному расчету,

банковской картой, наличными.

Главный редактор

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

А.В. Солдатенко – зам. главного редактора, доктор с.-х. наук, чл.-корр. 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, управление науки департамента внутренней и кадровой политики Белгородской области, Белгород, 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, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

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

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

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

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

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

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

Адрес: 143080, Россия, Московская область, Одинцовский район, п/о Лесной городок, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

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

Тираж 500 экземпляров.

Подписано в печать: 25.08.2021

Цена свободная

Отпечатано в типографии: "Издательство Черноморье".

394019, г. Воронеж, ул. Краснодонская, дом 161, офис 8
Тел.: 8 (473) 200-88-80, www.izdat-chern.ru

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

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



VEGETABLE crops of RUSSIA

The journal of science and practical applications in agriculture

ISSN 2072-9146 (Print)
ISSN 2618-7132 (Online)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146>
Publication Frequency: 6 times per year

The journal founder & publisher:
Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVS)

№4/2021

Editor in chief

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

Surhay R. 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, Chisinau, 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, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), director of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVS), Moscow region, Russia

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

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

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

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

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), Head of the Science Department of the Department of Internal and Personnel Policy of the Belgorod region, Belgorod, 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. Sirotin – Dr. Sci. (Agriculture), director of the breeding and seed production centre, associate director, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow 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 FSVS), Moscow, Russia

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

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

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

Circulation is 500 copies. Free price. Accepted: 25.08.2021

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

The license ПИ №ФСЦ77-72184 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 И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**Гиш Р.А.**

Овощеводство открытого грунта юга России.

Состояние и тенденции развития. 5

Домблидес Е.А., Ермолаев А.С., Белов С.Н.Получение удвоенных гаплоидов *Cucurbita pepo* L. 11**Джос Е.А., Шумилина Д.В., Пышная О.Н.,****Мамедов М.И., Байков А.А., Матюкина А.А.**Создание межвидового гибрида *Capsicum annuum* L. и *C. frutescens* L.

с использованием биотехнологических подходов. 27

Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Балясный И.В., Гаркуша С.В.

ДНК-технологии (молекулярное маркирование)

в селекции томата на устойчивость к *Tobacco mosaic virus*. 34**Логвиненко Л.А., Кравченко Е.Н., Шевчук О.М., Голубкина Н.А., Науменко Т.С.**

Особенности развития и размножения представителей

семейства *Solanaceae* в условиях Южного берега Крыма. 42**Кузьмицкая Г.А., Шестопалова Г.Е.**

Особенности селекции томата в Приамурье. Итоги и перспективы. 48

Антипова Н.Ю., Кашнова Е.В.

Современные аспекты и итоги селекции

перца сладкого в Западной Сибири. 53

Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И.

Оценка водного следа овощных культур. 57

ОВОЩЕВОДСТВО**Кулешова Т.Э., Удалова О.Р., Балашова И.Т.,****Аникина Л.М., Конончук П.Ю., Мирская Г.В., Панова Г.Г.**

Влияние различных источников света на продукционный процесс

томата в интенсивной светокультуре. 65

Король В.Г.

Гибриды томата, рекомендуемые для выращивания в условиях светокультуры. 71

Холмунинов Т.К., Арамов М.Х.Перспективные сорта и гибриды F₁ перца сладкого

для центральной зоны Узбекистана. 78

Янченко Е.В., Бебрис А.Р.

Сроки лежкости и реализации лука репчатого

в зависимости от системы питания. 83

Колебошина Т.Г., Варивода Е.А., Суслов П.П.

Новые приемы технологии выращивания арбуза столового

как залог развития отрасли бахчеводства. 94

АГРОХИМИЯ**Чунихина О.А., Разгонова М.П., Захаренко А.М., Голохваст К.С.**Исследование плодов образцов томата *Solanum lycopersicum* L.,

происходящих из разных климато-географических зон,

и идентификация метаболитов методом тандемной масс-спектрометрии. 99

ЛУГОВОДСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ**Маврина П.О., Сайбель О.Л., Маланкина Е.Л.**

Возможности использования листьев культивируемого цикория обыкновенного

(*Cichorium intybus* L.) в качестве лекарственного растительного сырья (обзор). 105**Прохоров В.Н.**

Нигелла – ценная хозяйственно-полезная культура (обзор литературы) 111

МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ**Дубенок Н.Н., Климакина М.В., Мацыганова Е.В.**

Повышение почвенного плодородия склоновых земель

сельскохозяйственного назначения Нечернозёмной зоны Российской Федерации. 124

BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Gish R.A.

Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. Vegetable. 5

Domblides E.A., Ermolaev A.S., Belov S.N.

Obtaining doubled haploids of *Cucurbita pepo* L. 11

Dzhos E.A., Shumilina D.V., Pyshnaya O.N.,

Mamedov M.I., Baikov A.A., Matyukina A.A.

Creation of an interspecific hybrid of *Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L. using biotechnological approaches. 27

Goron O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Balyasny I.V., Garkusha S.V.

DNA technologies (molecular marking) in tomato breeding for resistance to *Tobacco Mosaic Virus*. 34

Logvinenko L.A., Kravchenko E.N., Shevchuk O.M., Golubkina N.A., Naumenko T.S.

Features of development and reproduction of representatives of the Solanaceae family in the conditions of the Southern coast of the Crimea 42

Kuzmitskaya G.A., Shestopalova G.E.

Features of tomato breeding in the Amur region. Results and perspectives. 48

Antipova N.Yu., Kashnova E.V.

Modern aspects and results of sweet pepper breeding in Western Siberia. 53

Fedosov A.Y., Menshikh A.M., Ivanova M.I.

Assessment of water footprint of vegetable crops. 57

VEGETABLE PRODUCTION

Kuleshova T.E., Udalova O.R., Balashova I.T., Anikina L.M.,

Kononchuk P.Yu., Mirskaya G.V., Panova G.G.

Influence of different light sources on the production process of tomato in intensive photoculture. 65

Korol V.G.

Tomato hybrids recommended for growing in photoculture conditions. 71

Kholmuminov T.K., Aramov M.Kh.

Promising varieties and hybrids F₁ sweet pepper for the central zone of Uzbekistan. 78

Yanchenko E.V., Bebris A.R.

Periods of keeping quality and realization of onions depending on the nutrition system. 83

Koleboshina T.G., Varivoda E.A., Suslov P.P.

New technologies of cultivation of watermelon as a key to development of the melon industry. 94

AGROCHEMISTRY

Chunikhina O.A., Razgonova M.P., Zakharenko A.M., Golokhvast K.S.

Research of tomatoes *Solanum lycopersicum* L. originating from different climatic-geographical regions and identification of metabolites by tandem mass spectrometry. 99

MEADOW AND MEDICINAL ESSENTIAL OIL CROPS

Mavrina P.O., Saybel O.L., Malankina E.L.

Possibilities of using leaves cultivated chicory (*Cichorium intybus* L.) as a medicinal plant material (review). 105

Prokhorov V.N.

Nigella is a valuable economically useful crop (literature review). 111

RECOVERY, RECULTIVATION AND PROTECTION OF LANDS

Dubenok N.N., Klimakhina M.V., Matsyganova E.V.

Improving the soil fertility of agricultural lands in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation. 124

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>
УДК 635.1/.7(470)

Р.А. Гиш

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

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гиш Р.А. Овощеводство
открытого грунта юга России. Состояние и
тенденции развития. *Овощи России*.
2021;(4):5-10. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>

Поступила в редакцию: 10.06.2021

Принята к печати: 25.06.2021

Опубликована: 25.08.2021

Ruslan A. Gish

Kuban State Agrarian University
named after I.T.Trubilin
Krasnodar, Russia, 350044

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

For citations: Gish R.A. Vegetable growing of
open ground in the south of Russia. State and
development trends. *Vegetable crops of Russia*.
2021;(4):5-10. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10>

Received: 10.06.2021

Accepted for publication: 25.06.2021

Accepted: 25.08.2021

Овощеводство открытого грунта юга России. Состояние и тенденции развития



Резюме

Актуальность. Юг России занимает около 45% овощного поля страны и производит ежегодно более 5,7 млн т овощей, или 48,9% валового сбора овощей в стране. Проанализировано состояние овощеводства открытого грунта юга России с трактовкой динамики посевных площадей, урожайности, валовых сборов. Приводится прогноз развития овощеводства открытого грунта юга России на среднесрочную перспективу с учетом организационно-правовых изменений в отрасли.

Материалы и результаты исследований. Цель исследования. Анализ состояния овощеводства открытого грунта юга России и установление факторов, сдерживающих дальнейшее развитие отрасли. Показана роль внедряемых в производство инноваций, сортосмены и сортообновления в повышении валовых сборов овощей. Вскрываются причины недополучения в 10 из 15 субъектов округов урожайности ниже уровня среднеокружных значений. Приводятся аргументированные доводы о необходимости укрупнения овощеводческих хозяйств, расширения ассортимента выращиваемых овощных культур, а также необходимость повсеместного перехода к органическому овощеводству. В работе использованы официальные материалы ФСГС (Федеральной службы государственной статистики), отчеты управлений сельского хозяйства субъектов двух округов. Автором выполнен анализ показателей по ним.

Ключевые слова: открытый грунт, урожайность, структура посевов, укрупнение овощеводческих хозяйств, производственные затраты, рентабельность

Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends

Abstract

Relevance. The south of Russia occupies about 45% of the country's vegetable area and produces annually more than 5.7 million tons of vegetables or 48.9% of gross vegetable harvest in the country. The analysis of the state of open-ground vegetable growing in the south of Russia is given, taking into account the dynamics of acreage, yield, and gross harvest. The article presents a forecast of the development of open-ground vegetable growing in the south of Russia in the medium term, taking into account the organizational and legal changes in the industry.

Materials and results. The purpose of the research. Analysis of the state of open-ground vegetable growing in the south of Russia and identification of factors hindering the further development of the industry. The role of innovations introduced into production, variety exchange and variety renewal in increasing the gross yield of vegetables are shown. The reasons of the shortfall in productivity in 10 of 15 subjects of districts below the level of the average district values are given. The article highlights the reasoned judgments about the need to enlarge vegetable farms, expand the range of vegetable crops grown, as well as the need for a widespread transition to organic vegetable growing. The paper uses the official materials of the Federal State Statistics Service (FSSS), reports of agricultural departments of the subjects of two districts, the analysis of which was carried out by the author and comments on them were made.

Keywords: open ground, yield, crop structure, enlargement of vegetable farms, production costs, profitability

Значимость овощей как источника природных антиоксидантов в системе здорового питания населения постоянно возрастает. Об этом свидетельствует наблюдаемый в мире динамичный рост объемов производства овощей, что является следствием эффективно реализуемых государственных программ в разных странах [1, 2, 3].

Россия – не исключение. За последние 5–6 лет в овощеводстве страны начались глубокие преобразования, которые продолжаются по сегодняшний день. Несмотря на сдерживающее влияние трех специфических совокупных факторов, которого не испытывает ни одна страна мира, овощеводство России продолжает динамичное развитие [4, 5, 6]. К сдерживающим факторам относятся:

- расположение страны в разных климатических зонах обуславливает крайне неравномерно производство овощей в течение года: в I и II кварталах – 14–16%, в третьем – 40%, IV – 30% от потребности населения;
- в стране 7 световых зон, что существенно усложняет работу в защищенном грунте и ведет к удорожанию производства овощей;
- Россия находится в окружении стран с развитым овощеводством (Китай, Турция, Нидерланды, Азербайджан, Иран), производящих овощи в объемах, составляющих 1,5–2 физиологические нормы потребности населения своих стран и активно ищущие рынки сбыта своей излишней продукции.

Несмотря на кардинальные структурные изменения, отрасль продолжает стабильно работать, производя ежегодно только в открытом грунте 11–12 млн т овощной продукции. В достижении этих показателей значима роль юга России, где сосредоточено около 45% посевных площадей овощных культур в открытом грун-

те. Несмотря на преимущественно зерновую направленность хозяйств юга России, все субъекты Южного и Северного Кавказского Федеральных округов за годы реформ сохранили площади, занимаемые овощами (табл. 1).

Как видно из таблицы, приросты площадей незначительны. Отсутствие роста площадей было бы не критичным, если бы параллельно наблюдался рост урожайности, как это имеет место в ряде субъектов округов.

Озабоченность вызывают факты большого разброса урожайности выращиваемых культур [5, 7]. Значимая разница в показателях урожайности в субъектах Федеральных округов, находящихся в сходных по погодно-климатических и почвенных условиях и занимающихся выращиванием практически одних и тех же овощных культур, говорит о разных возможностях производителей овощей применять в своих хозяйствах инновационные технологии и иметь научное сопровождение (табл. 2).

Наши предположения согласуются с выводами экономистов, сделанными на основе группировки сельскохозяйственных организаций [7, 8]. В частности, в Краснодарском крае по размеру площадей, занятых овощными культурами, выделены 5 групп производителей овощей – от 7 до 872 га. Выявлено, что средние производственные затраты в группе сельхозорганизаций с размером площади посевов менее 15 га – максимальные и равны 584,9 тыс. руб. га и снижаются с ростом площадей. В группе с посевной площадью более 95 га эти же затраты минимальны и составляют 155,4 тыс. руб. га. При этом овощеводство в крае является прибыльным только у производителей I и IV группы, имеющих посевные площади овощей соответственно 56–95 га и более 95 га [7].

Таблица 1. Посевная площадь овощей открытого грунта в хозяйствах всех категорий субъектов юга РФ, тыс. га (по данным ФСГС)
Table 1. Sown area of vegetables in open ground in farms of all categories constituent entities of the south of the Russian Federation, thousand ha (according to the Federal State Statistics Service)

Субъект	Год		
	2018	2019	2020
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	525,9	517,5	511,8
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	144,6	145,9	145,1
Республика Адыгея	4,5	4,4	3,4
Республика Калмыкия	0,7	0,6	0,5
Республика Крым	6,7	7,0	6,8
Краснодарский край	55,3	56,6	57,7
Астраханская область	24,1	24,9	25,1
Волгоградская область	27,7	26,7	26,7
Ростовская область	25,2	25,3	24,5
Севастополь	0,3	0,5	0,3
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	85,8	82,6	85,4
Республика Дагестан	42,8	40,1	40,1
Республика Ингушетия	0,8	0,7	0,8
Кабардино-Балкарская Республика	15,9	15,2	15,3
Карачаево-Черкесская Республика	1,6	1,4	1,1
Республика Северная Осетия-Алания	2,3	2,0	2,5
Чеченская Республика	5,9	6,1	5,5
Ставропольский край	16,5	17,1	20,0

Таблица 2. Урожайность овощей открытого грунта в хозяйствах всех категорий субъектов юга РФ, тыс. га (по данным ФСГС)
Table 2. Yield of vegetables in open ground in farms of all categories of constituent entities of the south of the Russian Federation, thousand hectares (according to the Federal State Statistics Service)

Субъект	Год		
	2018	2019	2020
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	242,8	250,8	245,3
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	253,6	261,4	263,8
Республика Адыгея	132,3	123,8	105,7
Республика Калмыкия	178,1	247,1	292,5
Республика Крым	226,5	233,7	230,1
Краснодарский край	118,6	119,5	117,1
Астраханская область	536,8	548,3	570,3
Волгоградская область	345,5	366,1	366,2
Ростовская область	203,8	220,2	218,1
Севастополь	121,8	109,6	119,8
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	267,7	275,9	248,8
Республика Дагестан	336,3	356,2	349,9
Республика Ингушетия	51,7	52,8	51,0
Кабардино-Балкарская Республика	290,4	259,8	213,3
Карачаево-Черкесская Республика	194,6	201,7	194,7
Республика Северная Осетия-Алания	124,8	154,1	123,7
Чеченская Республика	90,0	87,3	77,3
Ставропольский край	143,1	169,5	137,5

На фоне высокой урожайности овощных культур в хозяйствах Астраханской, Волгоградской областей, Республики Дагестан, в 10 из 15 субъектов ЮФО наблюдается урожайность ниже среднеокружных на 33,7–158,1 ц/га в ЮФО и 54,1–197,8 ц/га.

Такое положение можно объяснить невосполненностью функций крупных специализированных хозяйств пришедшими на их «замену» небольшими фермерскими хозяйствами и хозяйствами населения. Они не смогли выстроить инфраструктуру в отрасли с

Таблица 3. Валовые сбор овощей открытого грунта в хозяйствах всех категорий субъектов юга РФ в 2020 г., тыс. га (по данным ФСГС)
Table 3. Gross harvest of open ground vegetables in farms of all categories of constituent entities of the South of the Russian Federation in 2020, thousand hectares (according to the Federal State Statistics Service)

Субъект	Год		
	2018	2019	2020
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	11852,9	12 091,2	11 716,9
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	3 519,5	3 705,7	3 730,5
Республика Адыгея	57,7	50,7	35,2
Республика Калмыкия	11,9	14,3	14,5
Республика Крым	128,0	133,8	130,5
Краснодарский край	643,3	694,7	695,6
Астраханская область	1 274,2	1 351,3	1 414,9
Волгоградская область	937,1	944,4	948,8
Ростовская область	463,0	512,5	486,9
Севастополь	4,0	3,8	3,7
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	2 148,7	2 120,0	1 995,3
Республика Дагестан	1 382,2	1 362,4	1 332,3
Республика Ингушетия	3,8	2,4	2,6
Кабардино-Балкарская Республика	441,5	374,8	293,5
Карачаево-Черкесская Республика	30,7	27,9	21,5
Республика Северная Осетия-Алания	28,1	30,7	30,1
Чеченская Республика	35,6	35,2	40,5
Ставропольский край	226,5	286,2	274,5

учетом современных реалий. Около половины производителей овощей на юге России возвратились к малоинтенсивным технологиям. Примерно 1/3 владельцев малых форм хозяйствования не имеют специального профессионального образования [4, 5].

Вместе с тем, благодаря широкому внедрению в производство инноваций, в том числе элементов точного земледелия, сортосмене и сортообновлению, в южных округах за 10 лет (2010–2020 годы) достигнуто увлечение валовых сборов: в ЮФО на 43,9%, СКФО – 43,9%. В 2020 году юг России произвел 5725,8 тыс.т овощей, что составляет 48,9% от валовых сборов в стране (таблица 3).

Отдельного обсуждения требует ассортимент выращиваемых культур, в котором, по нашему мнению, должны преобладать теплолюбивые, традиционные для южных широт культуры. Из возможных к выращиванию 75–90 видов овощных культур на Северном Кавказе освоено выращивание ограниченного количества культур (10–15 видов), что практически дублирует набор овощных растений открытого грунта страны (табл. 4).

Мы уверены в том, что расширение ассортимента выращиваемых культур на юге России служит одним из мощных рычагов дальнейшего развития отрасли.

В сравнении с 2010 годом в 2020 годом в структуре посевных площадей не наблюдается увеличения площади посевов под такие традиционные для южных широт культуры, как перец сладкий, баклажан, фасоль, кукуруза сахарная и др. Наоборот, в силу разных причин в ЮФО сократились площади под томатом на 10,3 тыс. га (с 35,4 тыс. га до 25,1 тыс. га). На 5,4 тыс. га сокращены площади посадки капустных культур (с 14,2 тыс. га до 8,8 тыс. га). Незначительно изменились площади под луком репчатым и морковью.

Можно предположить, что это связано с широкими возможностями механизации отдельных технологических процессов, имеющимися в местах выращивания условиями временного хранения продукции до ее реализации, а также стабильно высокими закупочными ценами на лук и морковь.

В СКФО также уменьшились площади под огурцом на 12,9 тыс. га (с 19,5 тыс. га до 6,6 тыс. га) и на 4,3 тыс. га под томатом (с 24,0 тыс. га до 19,7 тыс. га). Площади, занимаемые капустой белокачанной, луком и морковью, практически не претерпели значимых изменений.

Если уменьшение площадей, занимаемых томатом и огурцом, можно увязать с динамичным развитием отрасли, показывающим свою конкурентную способность, то причины уменьшения посадок капусты на 19,1 тыс. га в целом по стране, и последовавших за ним импортных поставок январе – июне количестве в 102 тыс. т, следует, на наш взгляд, искать в упущенных маркетинговых возможностях.

Мы полагаем, что в России есть абсолютно все необходимое (в технологическом плане) для полного обеспечения населения страны продукцией капустных культур. Необходимо в этом плане усилить роль маркетинга и логистики в отрасли.

Отсутствие планирования и квотирования, нехватка рабочих рук, современных овощехранилищ не способствуют расширению площадей под морковь, свеклу столовую, лук репчатый, доля импорта которых остается высокой, хотя и имеет тенденцию к снижению.

Оценивая ближайшую и среднесрочную перспективу развития овощеводства юга России на фоне наблюдаемого вялотекущего укрупнения малых хозяйств, повышения культуры земледелия активности в освоении инновационных технологий, а также предпочтения в выращивании

Таблица 4. Структура посевной площади овощных культур в хозяйствах всех категорий субъектов юга РФ в 2018 г., тыс. га (по данным ФСГС)

Table 4. Structure of the sown area of vegetable crops in farms of all categories of constituent entities of the South of the Russian Federation in 2018, thousand hectares (according to the Federal State Statistics Service)

Субъект	Культура				
	капуста	огурец	томат	лук репчатый	морковь столовая
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	94,9	43,2	83,5	61,8	50,3
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	7,7	9,5	25,5	21,8	11,2
Республика Адыгея	0,2	0,4	1,0	0,4	0,2
Республика Крым	0,5	0,5	1,1	0,9	1,3
Краснодарский край	2,3	3,1	5,0	4,3	2,8
Астраханская область	1,0	1,2	10,4	4,4	0,4
Волгоградская область	1,6	1,6	3,3	7,3	5,0
Ростовская область	2,0	2,7	4,5	4,4	1,5
Севастополь	0,02	0,1	0,1	0,01	0,01
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ	16,1	8,5	19,3	8,2	4,3
Республика Дагестан	13,1	4,2	11,9	2,7	2,2
Республика Ингушетия	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Кабардино-Балкарская Республика	0,8	2,2	3,7	0,6	0,6
Карачаево-Черкесская Республика	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2
Чеченская Республика	0,5	0,6	1,2	0,7	0,2
Ставропольский край	1,1	1,0	2,1	3,9	1,0

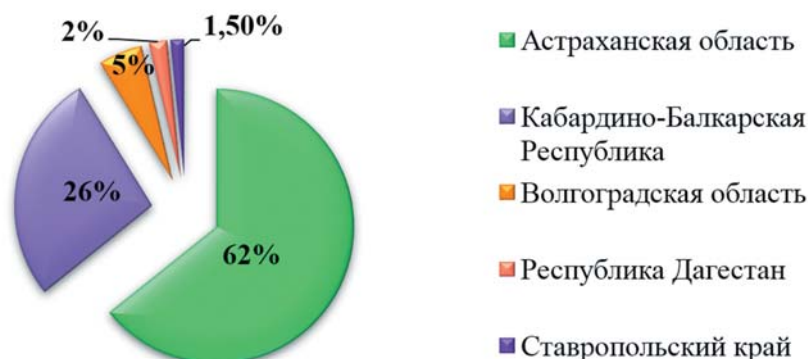


Рис. 1. Топ 5 регионов-лидеров по валовому сбору томата в 2020 году, %
Fig. 1. Top 5 leading regions in terms of gross tomato harvest in 2020, %

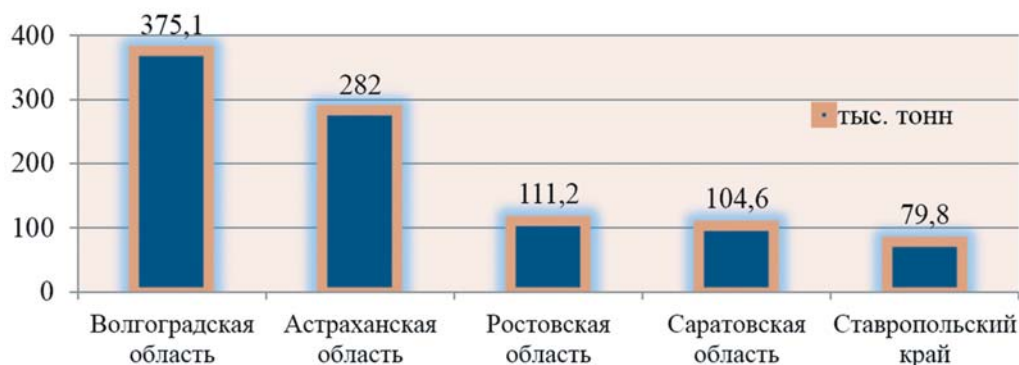


Рис. 2. Топ 5 регионов-лидеров по валовому сбору репчатого лука промышленного выращивания в 2020 году, %
Fig. 2. Top 5 leading regions in terms of gross harvest of industrial onions in 2020, %

культур, поддающихся механизации основных (лук репчатый, морковь, огурец, горошек зеленый) можно с определенной уверенностью предположить, что возрастание валовых объемов овощей будет наблюдаться за счет повышения урожайности культур. Прогноз по некоторым из них таков.

Доминирование в производстве томата регион сохранит за собой. В 2020 году в ЮФО было высеяно 25,5 тыс. га, или 30,5%, а в СКФО – 19,3 тыс. га, или 21,3%, что в сумме составляет 26,8% от всероссийских показателей. В двух округах 2020 года выращено овощей 44,8 тыс. т, или 57,3% от общероссийских объемов.

Кроме того, 5 топ-лидеров страны по томату представлены субъектами южных регионов (рис. 1). При этом около 2/3 производимых объемов приходится на хозяйства населения.

Уверены и в том, что юг России будет удерживать «пальму первенства» в производстве лука репчатого. Основанием этому служат адаптированная к условиям выращивания технология рассадной культуры, освоение многострочных посевов, широкий ассортимент высокоурожайных гибридов, а также продуктивность озимых посевов.

В пятерке лидеров производства лука 4 субъекта округа юга России (рис.2).

Морковь – культуру умеренных широт и супесчаных почв овощеводы юга будут и впредь успешно выращивать, отдавая предпочтение в силу агротехнических причин гибридам среднепоздних сроков уборки. Однако лидерство среди топ производителей вряд ли уступит Волгоградская область (рис. 3).

Сокращение площадей под огурцом – результат конкуренции с мощными тепличными комбинатами региона, которые в 2020 году произвели более 300 тыс. т внесезонных овощей (Краснодарский край – 102,4 тыс. т, Ставропольский – 86,8, Карачаево-Черкесская Республика

42,1, Волгоградская область – 54,3). Успешно работают тепличники и в Дагестане, Чеченской Республике, Кабардино-Балкарии, Адыгее, к ним подключается и Крым.

Меньшее внимание выращиванию огурца стали уделять в связи с сокращением объемов, запрашиваемых переработчиками, а также из-за нехватки рук для уборки короткоплодных и корнишонных гибридов.

Разделяем прогноз аналитиков Busines Star, утверждающих, что возрастание объемов производства короткоплодного огурца будет из защищенного грунта и на юге России. Производство огурца в защищенном грунте будет нарастать более интенсивно, чем в открытом грунте, в соотношении 52–54% из теплиц, 46–48% – из открытого грунта.

В свете реализуемых в регионах и стране программ развития овощеводства с определенной долей вероятности можно предполагать серьезную конкуренцию между производителями за рынки сбыта. В связи с этим считаем оправданным переход к производству функциональных овощей из так называемой группы малораспространенных культур. К этой группе многие исследователи относят около 150 видов. Можно начать производство с востребованных населением и пригодных к многоцелевому использованию брокколи, рукколы, сельдерея черешкового, шпината, капусты китайской, салата кочанного, стахиса, дайкона, овсяного корня, затем заняться амарантом, артишоком, radicchio, луком пореем, катраном, кольраби и т. д. Технология выращивания не представляет сложностей, а основная проблема состоит в достижении их востребованности за счет повышения информированности населения об этих культурах.

В 2015–2020 годах, благодаря конъюнктуре цен на овощи, большинством производителей достигнута относительно высокий уровень рентабельности 25–30%. Успех может быть закреплён при условии обеспечения устойчивых темпов инновационного развития в отрасли.

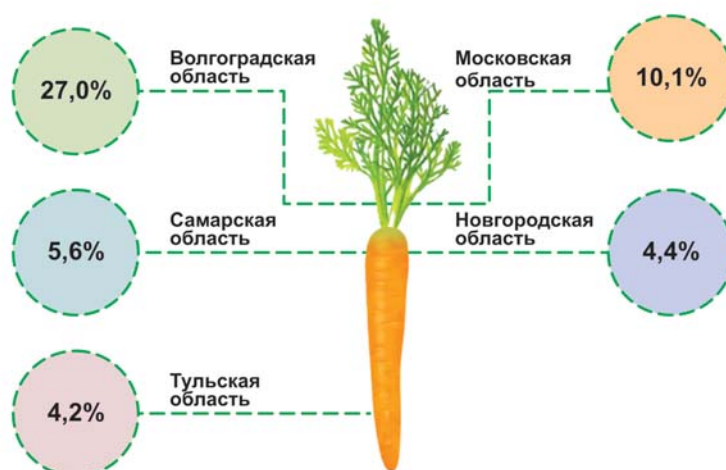


Рис. 3. Топ 5 регионов РФ по валовым сборам моркови промышленного выращивания в 2020 году
Fig. 3. Top 5 regions of the Russian Federation in terms of gross harvests of industrial carrots in 2020

На наш взгляд, повышение объемов выращиваемых в регионе овощей напрямую будет зависеть от укрупнения хозяйств производителей и развития крупных специализированных овощных холдингов, где возможна организация эффективного расширенного воспроизводства материально-технической базы на основе внедрения элементов точного земледелия, использования новых селекционных достижений и наукоемких технологий, апробированных отечественной и зарубежной практикой, что совпадает с мнением авторитетных ученых в области овощеводства [6, 8].

На юге России есть еще одна ниша, которую слишком медленно занимают овощеводы региона. Имеется ввиду органическое земледелие, позволяющее выращивать высокоценные функциональные овощи, необходимые для диетического и лечебного питания отдыхающих в многочисленных здравницах Северного Кавказа.

Растущий спрос населения, туристов, отдыхающих на курортах юга России к экологически безопасной продукции, акцентирует внимание овощеводов на необходимости повсеместного перехода к производству органической продукции.

Заключение

1. Возрождение промышленного овощеводства – необходимое условие решения проблемы нарастания объемов овощной продукции с целью обеспечения потребности населения.
2. Производство овощей в открытом грунте на юге России является рентабельным в основном в силу благоприятной конъюнктуры цен на отраслевом рынке. В целях его стабилизации необходим устойчивый рост инновационного развития, ориентированный на производство овощей в крупных специализированных хозяйствах.
3. По мере восстановления экономики и роста потребности в здоровом питании потребление овощей будет расти, что повысит интерес к экопродуктам.
4. В среднесрочной перспективе следует ожидать роста востребованности населением функциональных овощей, что предопределяет необходимость мониторинга производства малораспространенных овощей.

Об авторе:

Руслан Айдамирович Гиш – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой овощеводства, gish-19@mail.ru

About the author:

Ruslan A. Gish – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Vegetable Growing, gish-19@mail.ru

• Литература

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.
2. Мамедов М.И. Овощеводство в мире: производство основных овощных культур, тенденция развития за 1993–2013 годы по данным FAO. *Овощи России*. 2015;(2):3–9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9>
3. Солдатенко А.В., Разин А.Ф., Пивоваров В.Ф., Шатилов М.В., Иванова М.И., Россинская О.В., Разин О.А. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России. *Овощи России*. 2019;(2):9–15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
4. Гиш Р.А. Овощеводство Кубани: состояние, тенденции развития и научное обеспечение отрасли. Краснодар: КубГАУ, 2003. 53 с.
5. Гиш Р.А. Овощеводству необходима модернизация. *Картофель и овощи*. 2014;(8):2–4.
6. Минаков И.А. Продовольственная безопасность в сфере производства и потребления овощной продукции. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016;(1):11–16.
7. Бершицкий Ю.И., Гуринович Т.Г., Сайфетдинова Н.Р., Сайфетдинов А.Р. Современное состояние и тенденции развития овощеводства Краснодарского края. *Вестник АГУ, сер. Экономика*. 2018;2(220):58–74.
8. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Шатилов М.В., Разин О.А., Россинская О.В., Башкиров О.В. Проблемы производства конкурентной овощной продукции. *Овощи России*. 2019;(1):3–7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>

• References

1. State Program of the Development of Agriculture and Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food for 2013–2020. (In Russ.)
2. Mamedov M.I. Vegetable production in the world: production of main vegetable crops, development trend during 1993–2013 based on the data of FAO. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(2):3–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9>
3. Soldatenko A.V., Razin A.F., Pivovarov V.F., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Rossinskaya O.V., Razin O.A. Vegetables in the system of ensuring food security of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):9–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15>
4. Gish R.A. Vegetable growing in Kuban: state, development trends and scientific support of the industry. Krasnodar. KubSAU. 2003. 53 p. (In Russ.)
5. Gish R.A. Vegetable growing needs modernization. *Potatoes and vegetables*. 2014;(8):2–4. (In Russ.)
6. Minakov I.A. Food security in the sphere of production and consumption of vegetable products. *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*. 2016;(1):11–16. (In Russ.)
7. Bershitsky Yu.I., Gurinovich T.G., Saifetdinova N.R., Saifetdinov A.R. Modern state and trends of development of vegetable growing of Krasnodar Territory. *Bulletin of ASU, series Economics*. 2018;2(220):58–74. (In Russ.)
8. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Shatilov M.V., Razin O.A., Rossinskaya O.V., Bashkirov O.V. Problems of production of competitive vegetable products. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(1):3–7. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-11-26>
УДК 631.523:575.224.234:635.621

Е.А. Домблидес,
А.С. Ермолаев, 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

Финансирование: «Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90053»

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Домблидес Е.А., Ермолаев А.С., Белов С.Н. Получение удвоенных гаплоидов *Cucurbita pepo* L. Овощи России. 2021;(4):11-26. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-11-26>

Поступила в редакцию: 20.07.2021

Принята к печати: 20.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Elena A. Domblides,
Alexey S. Ermolaev, Sergey N. Belov

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

Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 20-316-90053

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

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article. For citations: Domblides E.A., Ermolaev A.S., Belov S.N. Obtaining doubled haploids of *Cucurbita pepo* L. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):11-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-11-26>

Received: 20.07.2021

Accepted for publication: 20.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Получение удвоенных гаплоидов *Cucurbita pepo* L.



Резюме

Удвоенные гаплоиды уже около 100 лет используются во всем мире в селекционных программах и фундаментальных исследованиях как ценный гомозиготный материал. Вид *Cucurbita pepo* L. представлен огромным многообразием форм, включает высокопродуктивные овощные культуры и имеет широкое распространение в мире. Несмотря на большую экономическую значимость, создание эффективных протоколов, обеспечивающих стабильное получение удвоенных гаплоидов у этого вида остается актуальной задачей. Получение ДН-растений представляет интерес не только по причине ускорения селекционного процесса, но и за счет реализации огромного потенциала гаметоклональной изменчивости, заложенной у этого высоко полиморфного вида. В обзоре рассмотрены основные используемые технологии получения удвоенных гаплоидов у овощных культур *C. pepo*: партеногенез *in situ* стимулированный обработанной/облученной пыльцой, гиногенез *in vitro* (культура неопыленных семян *in vitro*) и андрогенез *in vitro* (культура пыльников/микроспор *in vitro*). Представлен анализ исследований, проведенных с начала открытия гаплоидных растений до современных достижений и оценки перспектив в области получения ДН растений. Рассмотрены основные критические факторы, влияющие на эффективность каждой из технологий и ее отдельных этапов. Представлена разработанная технология получения удвоенных гаплоидов кабачка с использованием культуры неопыленных семян *in vitro*, позволяющая получать до 55 эмбрионов на 1 культивируемую завязь (28 эмбрионов/100 культивируемых семян). Для внедрения гаплоидных технологий в селекционный процесс необходимо полученные растения-регенеранты оценивать на уровень пloidности. Использование прямого подсчета хромосом в апикальных клетках может представлять определенную сложность у этого вида ввиду большого их количества ($2n=40$) и их малого размера. В зависимости от уровня оснащения лаборатории определение пloidности с использованием проточной цитометрии клеточных ядер и подсчета количества хлоропластов в замыкающих клетках устьиц в эпителии абаксиальной стороны листа, может быть более удобными методами. В обзоре рассмотрены перспективы использования молекулярных маркеров для оценки на гомозиготность при ДН-технологиях, в том числе и у *C. pepo*.

Ключевые слова: *Cucurbita pepo* L., ДН-растения, партеногенез, гиногенез, андрогенез, гомозиготные линии, SSR-маркеры

Obtaining doubled haploids of *Cucurbita pepo* L.

Abstract

Doubled haploids have been widely used worldwide in breeding programs and fundamental research as valuable homozygous material for about 100 years. The species *Cucurbita pepo* L. are represented by a huge variety of forms, include highly productive vegetable crops and have a wide distribution in the world. Despite the great economic importance, the creation of effective protocols to ensure stable production of doubled haploids in this species remains an urgent task. DH plants are of interest not only because of the acceleration of the breeding process, but also because of the realization of the huge potential of gametoclonal variability inherent in this highly polymorphic species. In this review, we analyzed the main technologies used for obtaining doubled haploids in vegetable crops of *C. pepo*: parthenogenesis *in situ* stimulated by treated/irradiated pollen, gynogenesis *in vitro* (unpollinated ovule culture *in vitro*) and androgenesis *in vitro* (anther/microspore culture *in vitro*). An analysis is presented of the research carried out from the beginning of the discovery of haploid plants to the current advances and evaluation of the prospects in the field of DH plant production. The main critical factors influencing the efficiency of each technology and its individual steps are considered. The developed technology of doubled haploids obtaining using non-pollinated ovary culture *in vitro* is presented. This technology allows to obtain up to 55 embryos per one cultivated ovary (28 embryos/100 cultivated ovules). To introduce haploid technologies into the breeding process it is necessary to evaluate the obtained plants for ploidy level. The use of direct counting of chromosomes in apical cells may present a certain difficulty in this species due to their large number ($2n=40$) and their small size. Depending on the level of laboratory equipment, ploidy determination using flow cytometry of cell nuclei and counting the number of chloroplasts in stomatal guard cells in the epidermis of the abaxial side of the leaf may be more convenient methods. The prospects for the use of molecular markers for assessment for homozygosity in DH technologies used, including *C. pepo*, are discussed in the review.

Keywords: *Cucurbita pepo* L., DH-plants, parthenogenesis, gynogenesis, androgenesis, homozygous lines, SSR-markers

Введение

Cucurbita pepo L. объединяет однолетние травянистые растения, принадлежащие к Семейству *Cucurbitaceae* Juss, роду *Cucurbita* L. и имеет широкое распространение в мире ввиду большой экономической значимости. К этому виду относятся кабачок, патиссон, и сама тыква, плоды которой употребляют только в зрелом виде, и она имеет длительный срок хранения. Кабачок и патиссон зачастую называют летними овощными тыквами, и в англоязычной литературе они известны под общим названием «summer squash». Это сезонные и высокопродуктивные овощные культуры, которые часто используют в пищу в виде незрелых плодов через несколько дней после цветения, задолго до того, как плоды достигнут фазы биологической спелости. В переработку на икру идут более зрелые плоды кабачка и патиссона [1–3].

Наиболее ценными представителями вида *C. pepo* L. с точки зрения производства овощной продукции являются тыквы и кабачки. Согласно последним данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций за 2019 год, тройку стран лидеров по количеству произведенной продукции тыкв, кабачков и патиссонов (культуры не разграничены статистикой) составляют: Китай – 8,3 млн т., Украина – 1,3 млн т, Россия – 1,1 млн т. По возделываемым площадям лидируют Китай (материковая часть) – 450,6 тыс. га, Камерун – 176,1 тыс. га и Турция – 126,2 тыс. га. Всего в мире за 2019 год посевные площади, занятые под тыквенными культурами, составили около 1 539 023 га, с которых было собрано 22 900 826 т продукции. Посевные площади только под тыквами, кабачками и патиссонами составили 19,4% от общей площади, занятой под тыквенными культурами, урожай с них составил 9,6% от общего [FAOSTAT].

Основной мировой тенденцией в производстве овощей является использование гибридов F_1 . Помимо проявляющегося эффекта гетерозиса производство гибридных семян позволяет защищать авторские права производителей селекционно-семеноводческой продукции. Самыми крупными мировыми производителями семян овощей являются такие компании, как SemenIs (дочерняя компания транснациональной корпорации Bayer), Syngenta (дочерняя компания китайской госкорпорации ChemChina), Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel BV (Нидерланды). Исходя из отчетов, представленных в открытых источниках, ассортимент семян тыквенных культур данных компаний состоит исключительно из гибридных форм.

На 2021 год в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации, зарегистрировано 290 сортов и гибридов *C. pepo* L., оригинальность 24 из которых принадлежит ФГБНУ ФНЦО, занимающегося селекцией тыквенных культур уже более 100 лет. 44% селекционных достижений культур данного вида составляют гибриды.

Небольшое количество гибридов и превалирование над ними сортов в российской селекции тыквенных культур свидетельствует об отсутствии у селекционеров возможности внедрять технологии, позволяющие быстро создавать родительские линии для гибридов F_1 . В связи с этим выровненный линейный материал приобретает особую ценность в селекционном процессе. Линии должны обладать комплексом хозяйственно ценных признаков: устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам

внешней среды, женским типом цветения, высокими вкусовыми и технологическими качествами. Данные признаки тяжело совместить в одном образце, но при помощи методов биотехнологии можно ускорить селекционный процесс.

Создание выровненной по хозяйственно ценным признакам линии методами классической селекции может быть достигнуто только за счет проведения искусственного самоопыления (инцухтов) в течение 7–10 лет, но и в этом случае нельзя достигнуть полной гомозиготности. Для растений, относящихся к виду *C. pepo*, несмотря на наличие достаточно крупных цветков, с которыми легко проводить скрещивания, процесс искусственного самоопыления трудоемок ввиду особенностей культуры. У этого вида цветки раздельнополые, и достаточно тяжело подобрать мужские и женские цветки одного возраста. Все скрещивания необходимо проводить вручную и индивидуально изолировать каждый цветок. Все эти моменты обуславливают большие временные и трудовые затраты, необходимые для создания новых чистых линий и гибридных комбинаций F_1 . Использование технологий получения удвоенных гаплоидов (DH-технологии) позволяет создать 100% гомозиготную линию в течение 1–2 лет, что в свою очередь многократно повышает эффективность селекционного процесса. Кроме того, конъюгация и кроссинговер хромосом в профазе I мейоза, их случайное расхождение в анафазе I и сочетание в микроспорах и мегаспорах, значительно повышают число классов расщепления. Каждый удвоенный гаплоид является отдельным генотипическим и фенотипическим образцом с уникальным сочетанием гомозиготных аллелей. Наиболее ценные «исключительные» генотипы возникают с небольшой частотой, в связи с чем особенно важно повышать эффективность технологий, увеличивая выход удвоенных гаплоидов.

Получение удвоенных гаплоидов у *C. pepo* весьма актуально не только по причине ускорения селекционного процесса, но и за счет реализации значительного потенциала гаметоклональной изменчивости, заложенной у этого вида. Вид *C. pepo* отличается огромным многообразием форм. В связи с большой амплитудой изменчивости, присущей виду, A.N.Duchesne называл его *Cucurbita polymorpha*. Н.И. Вавилов отмечал, что в пределах *C. pepo* L. имеются формы, легко скрещивающиеся между собой и в то же время отличающиеся примерно в 1000 раз по массе плодов [5]. Вид характеризуется огромнейшим разнообразием формы плода (от круглой до очень длинной или до плоской) и окраски (зеленой, оранжевой, желтой, белой). При этом интенсивность окраски также сильно варьирует от яркой до бледной, окраска – от почти черной до почти белой. Цветовые узоры на плоде могут включать продольные полосы различной ширины и пятнистость, сетчатость, а также иметь сложный двухцветный узор, так что на поверхности одного плода может присутствовать сразу четыре цвета [3].

Среди вида *C. pepo* L. было выделено восемь групп, принадлежащих к двум подвидам (subsp. *pepo* и subsp. *texana*), отчетливо различающихся по форме плода и выращивающихся для кулинарных целей, которые в англоязычной литературе получили следующие названия: pumpkin, scallop, acorn, crookneck, straightneck, cocozelle, vegetable marrow, zucchini [6,7].

Проведенное молекулярное исследование генетического разнообразия рода *Cucurbita* с использованием SSR

маркеров показало, что *C. pepo* L. содержит, безусловно, наибольшую генетическую изменчивость среди видов, относящихся к этому роду. Paris в 2016 году в своей работе представил наиболее полную характеристику вида *C. pepo* L., отражающую все генетическое разнообразие [3].

Получение генетически стабильных (100% гомозиготных) удвоенных гаплоидных (DH) линий за одно поколение может значительно ускорить селекционный процесс. Кроме того, поскольку у гаплоидов и удвоенных гаплоидов все гены находятся в гомозиготном состоянии, все рецессивные признаки у таких растений хорошо видны, так как они не маскируются под действием доминантных аллелей. Селекционеру удобно проводить отбор желаемых генотипов, фиксировать мутации и проводить скрининг уже в первом поколении. Кроме того, отбор на гаплоидном уровне может позволить исключить генотипы, обладающие нежелательными мутациями [8]. Полученные гомозиготные DH-растения могут напрямую стать новыми сортами или ценными родительскими линиями для получения гибридных растений F_1 [9]. Наличие DH-линий в большом количестве повышает эффективность селекционных программ, в связи с чем очень желательны надежные протоколы индукции гаплоидов для создания гомозиготных линий.

Исследования по получению удвоенных гаплоидов и их использованию для решения фундаментальных и практических задач уже проводятся в мире в течение 100 лет. На данный момент протоколы производства удвоенных гаплоидов уже описаны для 384 видов. Они разработаны путем применения различных *in vivo* и *in vitro* гаплоидных технологий, таких как опыление облученной пыльцой, межвидовые и внутривидовые скрещивания, скрещивание с естественно или искусственно полученными линиями гаплоидных индукторов, культура неопыленных завязей или семяпочек *in vitro* и культура изолированных пыльников или микроспор *in vitro* [10]. Для культур, относящихся к семейству *Cucurbitaceae*, большая часть протоколов разработана для огурца и дыни, в то время как для культур, относящихся к такому экономически значимому виду как *C. pepo*, их количество невелико, в связи с чем их разработка является крайне актуальной.

История открытия гаплоидов и первые гаплоиды у культур семейства *Cucurbitaceae*

Первые два гаплоидных покрытосеменных растения, для которых было получено цитологическое подтверждение, были обнаружены у дурмана обыкновенного (*Datura stramonium* L.) при проведении опытов с применением холодной обработки для индукции хромосомных нарушений [11,12]. Однако, опираясь на сведения Harland [13], можно предположить, что гаплоиды были впервые описаны несколько ранее на хлопке сорта Man Cotton, образующем относительно многочисленные пары близнецов в семенах [14]. Вскоре за этим последовали аналогичные открытия гаплоидов и у других видов, например, *Nicotiana tabacum* [15], *Triticum compactum* [16], *Lucopersicon esculentum* [17]. Список видов, у которых обнаруживались гаплоиды, стремительно пополнялся, многие ученые, занимающиеся генетикой и селекцией достаточно быстро поняли перспективность этого открытия, появилось большое количество научных работ, связанных с гаплоидией, и первые обзорные публикации [18,19]. На возможность получения гомозиготных линий путем удвоения хромосом еще в 30-е годы XX века указали в своих работах многие

отечественные и зарубежные ученые [20–24], но разработка методики и практическое ее использование для ускоренного создания гомозиготных диплоидных линий были осуществлены лишь в 1949 году [25]. Chase признан одним из первых, кто включил гаплоиды в программу селекции, в данном случае путем индукции гаплоидов в кукурузе через партеногенез и с последующим удвоением их хромосомного набора [26]. Основной прорыв гаплоидных технологий произошел после открытия процесса андрогенеза, когда было показано, что гаплоидные растения могут быть получены из изолированных пыльников в культуре *in vitro* [27,28].

Несмотря на то, что открытие гаплоидных форм произошло в начале XX века, только через тридцать лет удалось обнаружить гаплоиды в семействе *Cucurbitaceae*. Первое упоминание об обнаружении гаплоидных близнецовых зародышей в семенах, полученных от межвидовых скрещиваний *C. maxima* x *C. moschata*, произошло в работе Hayase, вышедшей в 1954 году. Автору удалось не только подробно описать выращенные из близнецовых зародышей растения, но и получить кариологическое подтверждение гаплоидного набора хромосом. В работе отмечалось, что эти растения формировали женские цветки в большом количестве, в то время как мужские цветки либо вообще не образовывались (в полевых условиях), либо их можно было обнаружить (в условиях теплицы), но при этом пыльники в них были пустыми белого или коричневого цвета. При опылении женских цветков нормальной пыльцой различных диплоидных растений происходило завязывание плодов, однако семян в них не было [29].

В 1958 году L.E. Alders, проводя опыты с семенами огурца *Cucumis sativus* L., обнаружил, что при помещении в воду большая часть семян огурца тонет, а другая часть остается на поверхности воды. При извлечении зародышей из плавающих на поверхности воды семян и помещении их на питательную среду в культуре *in vitro*, ему удалось обнаружить и вырастить гаплоиды. Всего им было получено 13 моноплоидных растений (термин «monoploids» автор использовал в своих статьях), но только восемь из них удалось довести в теплице до цветущего состояния [30]. Несмотря на произведенные обработки колхицином и образующиеся плоды, получить семян от самоопыления в этом исследовании так и не удалось. Способ выделения гаплоидов из флотирующих на поверхности воды семян, предложенный Alders, до сих пор успешно используется с различными модификациями, как у огурца, так и у других культур семейства Тыквенные [31,32].

Гаплоидные растения также удалось получить у дыни в потомстве от межвидового скрещивания *Cucumis melo* L. ($2n = 2x = 24$) с *Cucumis ficifolius* A. Rich ($2n = 4x = 48$). При этом количество обнаруженных гаплоидов было крайне низким (до трех гаплоидных зародышей на 1000 семян) и зависело от генотипа и сезона [33].

Низкий уровень спонтанного образования гаплоидов в природных популяциях у культур семейства *Cucurbitaceae* (менее одного гаплоидного зародыша на тысячу семян) (Alders, 1958) способствовал проведению исследований по индукции гаплоидии с использованием различных химических и физических факторов и биотехнологических методов *in vitro*. Однако по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, для которых уже в 70-х годах XX века были созданы сорта с

использованием ДН-линий (сорт рапса (*Brassica napus*) Maris Harplona [34], сорт Mingo у ячменя (*Hordeum vulgare*) в 1980 году [35] и т.п.), сообщения об успешном получении гаплоидов в этом семействе были крайне малочисленными.

Использование рентгеновских лучей (X-лучи) в качестве мутагенного фактора широко использовалось учеными в 50-60-х годах XX века. В 1958 году при проведении опытов по облучению семян арбуза рентгеновскими лучами (48,000 r) было получено диплоидное растение, у которого одна из ветвей была гаплоидной. Листья и цветки на гаплоидной плети были меньшего размера, а стебель и лепестки были тоньше. Получить плод на этой ветви не удалось, несмотря на предпринятые попытки опыления [36]. Это одна из первых работ по индуцированному получению гаплоидов у культур семейства *Cucurbitaceae*.

Первые исследования по индукции андрогенеза в семействе *Cucurbitaceae* были проведены на *Luffa cylindrica* в 1979 году [37]. Пыльники, выделенные из бутонов длиной от 1 до 4 см, культивировали на питательной среде MS. Авторы протестировали большое количество разнообразных регуляторов роста в различных сочетаниях, добавленных в индукционную питательную среду, в результате чего удалось добиться образования белозеленого каллуса в растрескивающихся пыльниках. Цитологические исследования показали, что часть микроспор при культивировании переходила на спорофитный путь развития. Проведенные эксперименты по индукции органогенеза из полученного каллуса при его субкультивировании на различных питательных средах не увенчались успехом, и получить растения не удалось.

В 1983 году было сообщено о получении первого гаплоидного растения арбуза в культуре изолированных пыльников *in vitro*, однако при пересадке в грунт это растение погибло [38].

С тех пор как San Noeum в 1976 году получил первые гаплоидные растения в культуре неоплодотворенных завязей/семяпочек *in vitro* у ячменя *Hordeum vulgare* [39], работы по культивированию женского гаметофита были продолжены и на других сельскохозяйственных культурах. Первое сообщение об успешном получении удвоенных гаплоидов в семействе *Cucurbitaceae* было сделано Dumas de Vaulx R. и Chambonnet D. в 1985 году [40]. Авторам удалось индуцировать гиногенное развитие и получить растения *C. pepo* L. в культуре неопыленных семяпочек *in vitro*. В своей работе авторы изучили влияние стадии развития женского гаметофита на образование эмбрионов у семи коммерческих гибридов F₁ (Ambassador, Black Beauty, Diamant, Greyzini, Opal, Tara, Tarmino). Наилучшие результаты были получены из семяпочек, извлеченных из женских цветков, находящихся на стадии за один день до распускания цветка. Максимальный выход составил 4,3 эмбриоида на 100 культивируемых семяпочек. При этом было отмечено, что из одной семяпочки могло образовываться сразу несколько эмбриоидов. Всего в теплицу было высажено более 50 растений, большинство из которых имели диплоидный набор хромосом, однако встречались миксоплоиды, анеуплоиды, полиплоиды. При этом отмечалось, что фенотипы полученных в культуре неопыленных семяпочек диплоидных растений отличались от гибридных растений-доноров, и, кроме того, индивидуальные растения отличались между собой. Потомство, получен-

ное от самоопыления диплоидных растений-регенерантов при посадке на следующий год и оценке по морфологическим признакам, выглядело достаточно выровненным. Все это свидетельствовало о гаметофитном происхождении полученных растений [40,41].

Работы по индукции гаплоидии при культивировании неопыленных завязей/семяпочек в дальнейшем продолжались и на других культурах семейства *Cucurbitaceae* [42–46].

Одной из самых популярных технологий получения гаплоидов в семействе *Cucurbitaceae* является технологии спасения партенокарпических зародышей, индуцированных опылением γ -облученной пыльцой. Впервые об успешном получении гаплоидов при опылении пыльцой, обработанной Co⁶⁰, было сообщено для дыни *Cucumis melo* L. [47], а впоследствии эта технология была применена на огурце [48–50]. Значительно позже появились сообщения об использовании этой технологии у видов, относящихся к роду *Cucurbita*: для кабачка *C. pepo* [51], тыквы мускатной *C. moschata* [52] и тыквы крупноплодной *C. maxima* [53].

Основные достижения по получению удвоенных гаплоидов у культур семейства *Cucurbitaceae* были освещены в ряде обзоров [54–58] и опубликованы в виде протоколов, в том числе и в вышедшей в 2021 году книге «Doubled Haploid Technology» под редакцией Jose M. Seguí-Simarro [10,59–63].

Современное состояние исследований по получению удвоенных гаплоидов *C. pepo* L.

Для получения удвоенных гаплоидов у культур *C. pepo* L. обычно используют три различных метода: партеногенез *in situ* стимулированный обработанной/облученной пыльцой, гиногенез *in vitro* (культура неопыленных семяпочек *in vitro*) и андрогенез *in vitro* (культура пыльников/микроспор *in vitro*) [56,64]. При партеногенезе *in situ* индукция развития гаплоидного партеногенетического эмбриоида происходит из яйцеклетки под воздействием *in vivo* опыления облученной пыльцой. В качестве источника облучения пыльцы чаще всего применяют γ -лучи (γ -облучение), используя ⁶⁰Co и ¹³⁷Cs, либо X-лучи (рентгеновское облучение). Впоследствии, через 3–4 недели образовавшийся эмбрионд извлекается из семени и помещается на питательную среду в условия *in vitro*, для прорастания и развития во взрослое растение. При андрогенезе и гиногенезе, изолированные пыльники или семяпочки из неопыленных завязей культивируют на индукционной питательной среде в условиях *in vitro*. В этих случаях под воздействием различных индуцирующих факторов (температурные обработки, регуляторы роста растений и т.п.), происходит переключение программы развития мужского/женского гаметофита на спорофитный путь развития. Формирование взрослого растения при этом возможно как за счет прямого эмбриогенеза (этот путь более предпочтительный), так и через промежуточную стадию – образование каллуса. Поскольку во всех трех способах процесс происходит в гаплоидных клетках, то первоначально формирующейся эмбрионд или каллус будет иметь гаплоидный набор хромосом. На втором этапе под воздействием определенных факторов/агентов происходит удвоение хромосом, и образующийся организм приобретает диплоидный набор хромосом с гомозиготным состоянием аллелей.

У каждого из этих методов при использовании их для тыквенных культур имеются свои преимущества и ограничения, которые были освещены в ряде обзоров [55–57]. Для эффективного внедрения гаплоидных технологий в селекционный процесс необходимо добиваться увеличения выхода удвоенных гаплоидов, воспроизводимости разрабатываемых методик, что невозможно сделать без тщательной отработки всех этапов технологии. Полученные растения-регенеранты необходимо в дальнейшем обязательно исследовать на уровень плоидности и на гомозиготность.

Партеногенез

Первые работы на *C. pepo* L., целью которых было получить гаплоидные растения методами опыления облученной пыльцой, были начаты Kurtar, Sari, Abak в 2002 году [51] и продолжают до настоящего времени [65] (табл. 1). За все время было изучено около 60 генотипов *C. pepo* L. В большинстве экспериментах в качестве источника γ -облучения использовали Co^{60} , ввиду легкости его применения, хорошей проникающей способности в ткани и индукции высокой скорости мутации при низкой летальность по сравнению с другими видами облучения. Только в исследовании Košmrlj et al., проведенном на тыкве голосемянной *C. pepo* ssp. *pepo* var. *styriaca* [8],

сообщалось об успешном использовании X -излучения (рентгеновское облучение). Облучению обычно подвергали либо мужские цветки (часто после удаления чашелистиков и лепестков) [66], либо заранее изолированные пыльники [8,51,62,65]. Обязательным условием являлась строгая изоляция женского цветка за сутки до распускания и сразу после опыления, чтобы избежать нежелательных опылений. Известно, что одним из важнейших факторов, определяющих успех этой технологии, будет правильно подобранная доза облучения (Гр мин^{-1}). На практике оптимальной чаще всего оказывается критическая доза или полулетальная доза (LD_{50} , то есть доза для ингибирования прорастания 50% пыльцы) [56]. Дозы облучения не должны быть такими высокими, чтобы полностью ингибировать прорастание пылевых трубок, но в то же время они должны быть достаточно высокими, чтобы нарушать нормальное оплодотворение и препятствовать образованию диплоидных гибридных эмбрионов. Авторы проводили эксперименты с различными дозами облучения в диапазоне от 25 Гр [51,67] до 400 Гр [51] для γ -облучения и от 50 до 350 Гр для X -облучения. Оптимальная доза в разных исследованиях значительно колебалась в зависимости от генотипа и составляла 50 Гр [51,65], 150 Гр [65–67] и 200 Гр [8]. При использовании рентгеновского излучения было отмечено, что завязыв-

Таблица 1. Краткие протоколы индукции гаплоидов *Cucurbita pepo* L. путем опыления облученной пыльцой.
Table 1. Concise protocols of *Cucurbita pepo* L. haploid induction through pollination with irradiated pollen

Генотип дон. раст-я / Genotype of donor plant	Источник излучения / доза облучения (Gy) / Radiation source / radiation dose (Gy)	Возраст зародыша (неделя после опыления) / Embryo (weeks after pollination)	Индукционная среда / Induction medium	Рег. среда / Regeneration medium	Температурный режим / Temperature regime	Метод определения плоидности / Method for ploidy determination	Идентифицированная плоидность / Identified ploidy	Литературные источники / References
Eskenderany, Acceste, Sakiz, Urfa Yerli	25, 50, 75, 100, 200, 300, 400 (Co^{60})	4–5 недель	E20A + S 20 г/л + A 10 г/л + IAA 0,01 мг/л	E20A + S 20 г/л + A 10 г/л + IAA 0,01 мг/л	$28 \pm 1^\circ\text{C}$, Ph16/8, 3000 Lx	ППХ	H-43,7%, DH- 56,3%	Kurtar et al., 2002 [51]
Gleisdorfer O'ltu'rbis, GL Opal, GL Maximal, Gleisdorfer Diamant, Beppo, Elite F ₁ , Slovenska golica, Rumena golica, Yellow Long, Turkey #2, Naked Seed, White Acorn, Muscade de Provence	0, 50, 100, 150, 200, 300, 350 (X-ray)	4 недели	E20A + S 20 г/л + A 10 г/л + IAA 0,01 мг/л	E20A + S 20 г/л + A 10 г/л + IAA 0,01 мг/л	23°C , Ph16/8	ПЦ	H, DH, TrP, TeP	Košmrlj K, Murovec J, Bohanec B, 2013 [8]
-	25, 50, 75, 100, 200 (Co^{60})	-	-	-	-	МА, ПЦ	H-38,6%, DH-61,4%	Ebrahimzadeh et al., 2013 [67]
14 селекционных образцов	150, 200, 300 (Co^{60})	4–5 недель	CP + S 30 г/л + A 8 г/л + B12 0,08 мг/л + IAA 0,02 мг/л	-	25°C , Ph 16/8	-	H-11%, DH-89%	Baktemur et al., 2014 [66]
17 селекционных образцов	150 (Co^{60})	3–4 недели	MS + S 30 г/л + A 7 г/л + IAA 0,1 мг/л	-	$26^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, Ph16/8, 3000 Lx	МА	H, DH	Kurtar et al., 2017 [68]
14 селекционных образцов	150 (Co^{60})	3–4 недели	E20A + S 20 г/л + A 8 г/л + IAA 0,01 г/л	MS + S 30 г/л + A 7 г/л + IAA 0,1 мг/л + BAP1,0 мг/л	$28^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, Ph16/8 5000 Lx	МА	H, DH	Kurtar et al., 2021 [62]

ваемость плодов значительно снижалась при 200 Гр, тогда как при 100 Гр наблюдалось снижение образования зародышей. Также интересным представлялся обнаруженный факт, что образование тетраплоидных зародышей коррелировало с повышенным уровнем излучения, используемого для пыльцевых зерен [8].

Вторым важным моментом технологии будет определить, на какой стадии необходимо изолировать образовавшийся партеногенетический зародыш и сколько дней от опыления должно пройти. Этот показатель также может варьировать в зависимости от генотипа донорного растения и используемой питательной среды для «спасения зародыша». В опубликованных исследованиях возраст плода, из которого извлекали зародыш, составлял от 3-4 недель после опыления [67,68] до 4-5 недель [8,51,68]. В плодах более длительного срока созревания – 5-6 недель увеличивался процент некротических эмбриоидов коричневого и черного цвета. Поскольку самым трудозатратным в этой технологии будет процесс извлечения зародышей из семян, то этому этапу уделяется особенное место. При рассмотрении экономической эффективности (трудозатраты, затраченное время, микробные загрязнения, сохранность эмбриоидов) наилучшими методами считается «посев семян непосредственно в питательную среду» и «осмотр семян под флуоресцентным источником света» [32]. Наиболее распространенный метод, применяемый у тыквенных культур, — это проверка серии семян одно за другим под стереомикроскопом. Именно этот метод применяли и для *C. pepo* L. Стадия развития, на которой находились зародыши при извлечении их из семян, могла быть от глобулярной до семядольной, что также влияло на последующее развитие зародыша во взрослое растение-регенерант и на конечный выход гаплоидов и удвоенных гаплоидов. Было отмечено, что из эмбриоидов на глобулярной стадии развития развивались только гаплоидные растения ($2n = 20$), тогда как из зародышей на семядольной стадии развития развивались диплоиды ($2n = 40$). Из эмбриоидов на стадии торпеды и из сердцевидных зародышей могло образоваться до 53,8% и 23,1% гаплоидных растений соответственно [51,66]. Хотелось бы отметить, что образование диплоидных растений не всегда будет связано с процессом спонтанной диплоидизации первоначально гаплоидных эмбриоидов. В работе Košmrlj et al. [8], при проверке полученных диплоидных растений с использованием SSR-маркеров было показано, что все они являются зиготическими зародышами.

В качестве индукционных питательных сред, на которые помещали незрелые зародыши, использовали среды E20A [8,51,68] и MS [69] с добавлением IAA (0,01 мг / л) [65] и среда CP [70] дополненная витамином B12 (0,08 мг/л) и IAA (0,02 мг / л) [66]. Kurtar et al., [65] в 2021 году модифицировал питательную E20A, увеличив содержание Na_2EDTA и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 2 раза и снизив концентрацию агара с 10 г/л до 8 г/л. В качестве регенерационной питательной среды в дальнейшем использовали E20A [51], и MS с добавлением IAA (0,01 мг / л) и BAP (0,01 мг/л) [67].

Режим культивирования в разных протоколах мог несколько варьировать по температуре от 23°C [8], 25°C [68], 26°C [65,67] и до 28°C [51,62]. Культивирование во всех случаях проводили на свету при 16-часовом фотопериоде и интенсивности освещенности от 3000 люкс

[51,65] до 5000 люкс [67]. Максимальный выход по этой технологии был получен Kurtar et al. в 2021 году [65]. Авторам удалось получить 64 семенника, из которых было выделено 7034 семени с 521 зародышем. Всего регенерировано 144 растения, из которых 28 – гаплоидных, 77 – диплоидных и 6 – миксплоидных растений. Среднее количество семян на один семенник/завязь составило 110 штук, а количество образовавшихся зародышей на одну завязь – 8 шт. Полученный результат является хорошим достижением, но учитывая большую генотипспецифичность, для массового включения этой технологии в селекционные программы его еще нужно улучшать.

Андрогенез

Число публикаций, в которых сообщается об успешной индукции андрогенеза у *C. pepo* L. крайне ограничено [44,63,71–73], впрочем, как и для всех представителей семейства *Cucurbitaceae*. Первое упоминание об исследовании, в котором сообщалось об успешном получении нескольких гаплоидных растений *C. pepo* было проведено Shail JW, Robinson RW в 1987 году [74]. На данный момент нет ни одного сообщения об использовании культуры изолированных микроспор для этого вида, хотя именно эта технология является наиболее перспективным способом получения удвоенных гаплоидов, поскольку отсутствие соматических тканей в культуре *in vitro* позволяет не ставить под сомнение происхождение полученных растений. Хорошо известно, что на индукцию андрогенеза влияют многие факторы, такие как генотип, условия роста донорных растений, стадия развития микроспор, использующиеся предварительные температурные обработки, состав индукционной и регенерационной питательной среды, условия культивирования и субкультивирования.

Сорт Eskandrani оказался относительно отзывчивым к андрогенезу и использовался практически во всех опубликованных протоколах [71–73] в качестве исходного материала. В 2006 году [73] в исследования были включены и другие генотипы (Arlika F₁, E 82-110 F₁, Giad F₁, Rula F₁, Queen F₁, Yellow Bik F₁), среди которых наибольшая отзывчивость к андрогенезу была выявлена у образца Yellow Bik F₁.

Все исследователи использовали мужские цветочные бутоны, собранные рано утром. Оптимальный размер бутонов, содержащий пыльники с микроспорами на средней или поздней стадии развития, для этого вида составляет 9-10 мм (длина) и 4-6 мм (ширина). Плотно закрытые бутоны с такими параметрами бутонов отбирают для введения в культуру *in vitro* и выделяют из них пыльники.

Поскольку мужские бутоны кабачка имеют опушение и более чувствительные к температурной обработке покровные ткани, по сравнению с женскими бутонами и партенокарпными плодами, то использовать стерилизацию 96% спиртом с последующим краткосрочным обжиганием для этой технологии не подходит. Во всех исследованиях по андрогенезу рекомендовалось проводить ступенчатую стерилизацию материала с использованием 70% водного раствора этанола и 5,2% гипохлорита натрия.

Хорошо известно, что для перехода микроспор с гаметофитного на спорофитный путь развития необходимо использовать индуцирующие стрессовые факторы. Чаще всего с этой целью используют разнообраз-

Таблица 2. Краткие протоколы индукции гаплоидов *Cucurbita pepo* L. в культуре пыльников *in vitro*
 Table 2. Concise protocols of *Cucurbita pepo* L. haploid induction through anther culture *in vitro*

Генотип дон. раст-я/ Genotype of donor plant	Холодовая предобработка/ Cold pretreatment	Индукционная среда/ Induction medium (mg/l)	Условия культивирования до образования каллуса / Cultivation conditions before callus formation	Per. среда/ Regeneration medium	Условия регенерации каллуса / Callus regeneration conditions	Условия культ-я растений R ₀ / Cultivation conditions for R ₀ plants	Метод определения ploidy/ Method for ploidy determination	Идентифицированная ploidy/ Identified ploidy	Литературные источники/ References
Eskandarani	4°C - 4 c.	MS + S (30, 60, 90, 120, 150 г/л) + A 8 г/л + 2,4-D (0,1, 1,0, 2,5, 5) мг/л.	в темноте 35 °C в течение 7 c., далее в темноте 25 °C в течение 28 c.	MS + S 30 г/л + A 8 г/л + KT 0,05 мг/л + NAA 0,05 мг/л; MS 6/г	25 ± 1 °C, Ph 16/8, 1000 Lx, (4 недели);	25 °C, Ph16/8, 3000 Lx (4 недели)	ППХ	H-50%, DH-50%	Metwally et al., 1998a [71]
Eskandarani	4°C - 4 c.	MS + S 100 г/л + A 8 г/л + 6 мг/л 2,4-D	в темноте 35°C в течение 7 c., далее 4 недели 25°C	MS + S 30 г/л + A 8 г/л + KT 0,05 мг/л + NAA 0,05 мг/л	25 °C, холодный белый свет, Ph16/8 (4 недели);	MS + IBA 1 мг/л, 25°C, Ph16/8 (3000 Lx)	ППХ	H- 60%, DH -13%, AnP -17%	Mohamed, Refaei, 2004 [72]
Arlika F ₁ , Eskandarani cv., E 82-110 F ₁ , Giad F ₁ , Rula F ₁ , Queen F ₁ , Yellow Bik F ₁	4°C - 4 c.	MS + 100 г/л S + A 8 г/л + 2,4-D 5 мг/л	в темноте 32°C в течение 7 c.; далее в темноте 25°C 4 недели	MS + 30 г/л S + KT 0,05 мг/л + IAA 0,05 мг/л	25°C, 16/8 Ph, (3000 Lx), 4 недели; MS 6/г (4 недели)	MS 6/г, 25°C, Ph16/8	ППХ	H - 48,3%, DH-51,7%	T.A. Shalaby, 2006 [73]
Межвидовые гибриды <i>C. pepo</i>	4°C - 4 c.	MS + S (50, 120, 150 г/л) + 8 г/л A + 2,4-D (1,0, 5,0 мг/л)	в темноте при 35 °C в течение 7 c., далее 25 °C (пересадка на 5 неделе)	MS + KT 0,05 мг/л + NAA 0,05 мг/л в течение 4 недель, далее MS 6/г	25 ± 1 °C, Ph 16/8 (пересадка с отрезанием корней через 10 c)	MS 6/г 4 недели; MS + NaCl 0,5 мг/л (10 c); MS + NaCl 0,5 мг/л (10 c)	ППХ	H, DH	Rakha et al., 2012 [44]
Eskenderany F ₁ , Acceste F ₁ , Sakiz, Urfa Yerli	Без х. о.	MS + S 120 г/л + A 7 г/л + 2,4-D 2 мг/л + BAP 0,5 мг/л	35 °C -7 c. в темноте; 26 °C, Ph 12/12, 1500 Lx(7 c) далее Ph16/8 (пересадка каждые 10 c)	MS + A 8 г/л + BAP 4 мг/л, NAA 0,05 мг/л	26 °C, Ph 12/12, 1500 Lx (7 c), 26 °C, Ph 16/8, 3000 Lx (3-5 недель)	MS + IAA 0,01 мг/л ; 26 °C, Ph16/8, 3000 Lx	-	-	Kurtar E.S., Seymen M. (2021) [63]

ные предобработки и обработки пониженными и повышенными температурами, либо сочетание контрастных температурных режимов культивирования [75]. Впервые об успешном использовании предварительной холодной обработки было сообщено в 1973 году при культивировании пыльников дурмана [76], и в последующем она использовалась при андрогенезе у многих культур. Во всех опубликованных для *C. pepo* исследованиях рекомендовалось также использовать холодную предобработку бутонов при 4°C в течение 4 суток (табл. 2).

Все исследователи в качестве индукционной питательной среды использовали агаризованную среду MS [69] с различными концентрациями сахарозы: от 30 г/л до 150 г/л [71]. Концентрации сахарозы, оптимальные для индукции каллусообразования у культивируемых пыльников, находились в достаточно широком диапазоне от 90 до 150 г/л [44,63].

Культивировать пыльники рекомендуется в темноте при использовании обработки повышенной температурой в течение 7 дней при 350C [71,72] или 32°C [73], а затем при 25°C (табл. 2).

Metwally et al. [71] получил максимальный выход при использовании индукционной среды с добавлением сахарозы в концентрации 150 г/л в сочетании с 2,4-D в

концентрации 5 мг/л. Всего удалось получить в этом варианте опыта 19,3 растения или 30 растений на 100 пыльников. Во время исследования был проведен подсчет хромосом у 20 полученных растений-регенерантов, из которых 10 были диплоидными, а 10 – гаплоидными.

Исследования Mohamed, Refaei по изучению влияния сезонного фактора на выход андрогенных растений [72] показали, что максимальный выход растений-регенерантов был получен из пыльников, высеянных в ноябре, что превышало в два раза число у высеянных в марте и составило 260 растений на 100 пыльников. Анализ уровня ploidy показал, что 60% образовавшихся в культуре пыльников растений были гаплоидными, 23% – диплоидными и 17% – анеуплоидными.

Shalaby [73] было отмечено, что самым отзывчивым к каллусообразованию генотипом оказался Yellow Bik F₁, у которого наблюдали самый высокий процент образования эмбриогенного каллуса – 38,7%, а количество регенерированных растений на каллус составило 8,9 шт. В общем количестве полученных и проанализированных на уровень ploidy растений 48,3% оказались гаплоидными, а 51,7% – диплоидными.

Существенный прорыв в получении удвоенных гаплоидов при использовании мужского гаметофита у вида *C.*

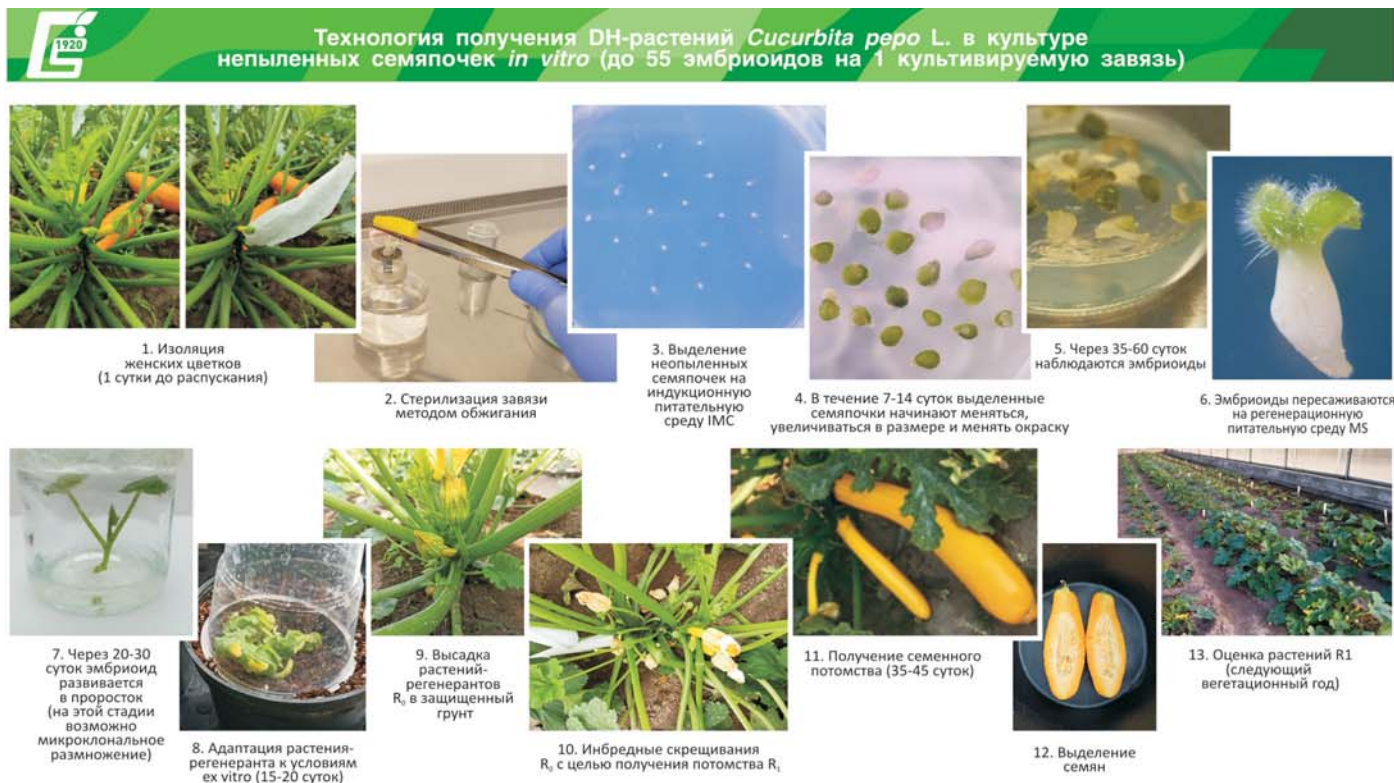
Таблица 3. Краткие протоколы индукции гаплоидов *Cucurbita pepo* L. в культуре неопыленных завязей/семяпочек *in vitro*
Table 3. Concise protocols of *Cucurbita pepo* L. haploid induction through unpollinated ovary/ovule culture *in vitro*

Генотип дон. раст-я/ Genotype of donor plant	Стадия бутона/ Bud Stage	Холодовая предобр-ка/ Cold pre-treatment	Индукционная среда/ Induction medium	Условия культ-я семяпочек/ Conditions for the cultivation of ovules	Рег. среда/ Regeneration medium	Условия культ-я растений R ₀ / Cultivation conditions for R ₀ plants	Метод определения плоидности/ Method for ploidy determination	Идентифици- рованная плоидность/ Identified ploidy	Литературные источники/ References
Ambassador, Black Beauty, Diamant, Greyzini, Opal, Tara, Tarmino	Fl; Fl-1; Fl-2	без х.о.	C + S 30 г/л + A 8 г/л + 2,4 D 0,1 мг/л + KT 0,1 мг/л	25 °C, Ph 12/12	C 6/г + S 30 г/л + A 8 г/л	25 °C, Ph 12/12	ППХ, МА	DH, AnP	Dumas de Valux, Chambonnet, 1986 [41]
Eskandarani	Fl-1	без х.о. без х.о., 4 °C - 2 с, 4 °C - 4 с, 4 °C - 8 с	MS + S 30 г/л + A 8 г/л + 2,4-D (0,1, 1,0, 5,0, 10 мг/л)	25±1 °C, Ph 16/8 (4 недели)	MS 6/г	25 ± 1 °C Ph 16/8 (3000 Lx)	ППХ	H-25%, DH-75%	Metwally et al., 1998b [77]
-	Fl; Fl-1	без х. о.	N6 + S 30 г/л + A 8 г/л + 2,4-D + NAA + BAP	25 °C Ph 14/10 (2000 lx)	N6 6/г + S 30 г/л /G 20 г/л + A 8 г/л	25 °C Ph 14/10 (2000 Lx)	ЦА	H, DH	Xie et al., 2006 [82]
MHTC77, Queen, Raad, Reveneui, Rosita, Rola, Yellow Bik	FL	без х.о.	MS + S (30, 60, 90 г/л) + A 8 г/л + 2,4 D 1 мг/л + KT 1 мг/л	4 °C (4,7,12 с); 32 °C (4,7,12 с.); 25 °C; Ph 12/12 (пересадка каждые 4 нед.)	MS 6/г	25 °C, Ph 16/8 (3000 Lx)	ППХ	H-65%, DH-35%	Shalaby, 2007 [73]
Межвидовые гибриды <i>C. pepo</i>	FL - 1	без х.о.; 4 °C (7, 14 с.)	Ms + S 30 г/л + A 8 г/л + 2,4D 1, 5 мг/л; через 28с: MS 6/г. + S 30 г/л + A 8 г/л	25 °C ± 1 °C, Ph 16/8	MS 6/г + S 30 г/л + A 8 г/л (28с); MS 6/г. + S 30 г/л + A 8 г/л + NaCl 0,5 мг/л (10 с); MS 6/г. + S 30 г/л + A 8 г/л + NaCl 1 мг/л	25 °C, Ph 16/8 (пересадка с отрезанием корневой системы каждые 10 с.)	ППХ	H-60%, DH-40%	Rakha et al, 2012 [44]
22 селекционных образца	FL	без х/о, 4 °C - 1с, 4 °C - 2с	IMC + S 30 г/л + A 8 г/л + Amp 200 мг/л + 2,4 D (1мг/л, 2 мг/л); IMC + S 30 г/л + A 8 г/л + Amp 200 мг/л + TDZ (0,02мг/л, 0,2 мг/л)	25 °C, Ph 16/8 (2500 Lx)	Ms 6/г. + S 20 г/л + Ph 3 г/л; CBM + S 20/г + Ph 3 г/л + NAA 0,2 мг/л + BAP 0,2 мг/л	25 °C, Ph 16/8 (2500 Lx)	ППХ, МА, ПЦ,	H, DH, TrP, TeP, AnP	Domblides et al., 2020 [80]
-	FL	без х. о.	MS + S 20 г/л + A 8 г/л + 2,4-D 2,0 мг/л	35 °C 3с темн., 26 °C, Ph 12/12 (1500 Lx- 7 с), далее Ph 16/8 3-4 нед.	MS + S 20 г/л + A 8 г/л 2,0 мг/л 2,4-D + 0,5 мг/л BAP; MS + 4,0 мг/л BAP + 0,05 мг/л NAA + 0,1 мг/л TDZ; MS + 0,01 мг/л IAA + 1,0 мг/л BAP	26 °C Ph 16/8 (1500 Lx); 26 °C, Ph 16/8 (3000 Lx) (пересадка каждые 7-14 с)	-	-	Kurtar, Seymen, 2021 [59]

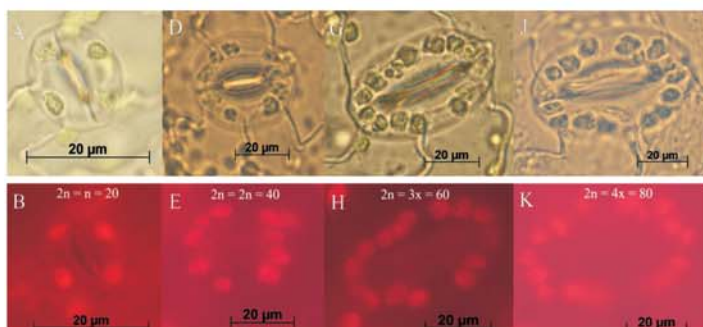
Примечания:

б/з – without plant growth regulators – безгормональная среда;
 Без х. о. – without cold pretreatment – без холодной предобработки;
 с. – day – сутки;
 Ph – photoperiod – фотопериод;
 Pht – phytogel – фитогель;
 A – agar – агар;
 Amp – ampicilline – ампициллин;
 G – glucose – глюкоза;
 S – sucrose – сахароза;
 FL – (morning of the flowering/anthesis day) – утром в день раскрытия цветка;
 FL – 1 (1 day before flowering) – за сутки до распускания цветка;
 FL – 2 (2 day before flowering) – за 2 суток до распускания цветка;
 C – induction medium C – индукционная питательная среда C [41];

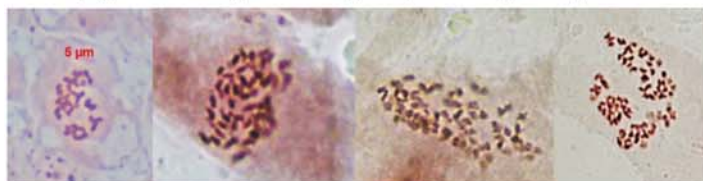
IMC – (Induction Medium for Cucurbitaceae) [80];
 CBM – (Cucumber Basal medium) [Gemes-Juhasz et al, 2002];
 DH – doubled haploid – Удвоенный гаплоид;
 H – haploid – Гаплоид;
 M – mixoploid – Миксоплоид;
 AnP – aneuploid – Анеуплоид;
 TrP – triploid – Триплоид;
 TeP – tetraploid – Тетраплоид;
 ППХ – chromosome counting – Прямой подсчет хромосом;
 ПЦ – flow cytometry – проточная цитометрия;
 ЦА – counting chloroplasts in guard cells – Цитологический анализ (количество хлоропластов в замыкающей клетках устьицы);
 МА – Morphological analysis – морфологический анализ



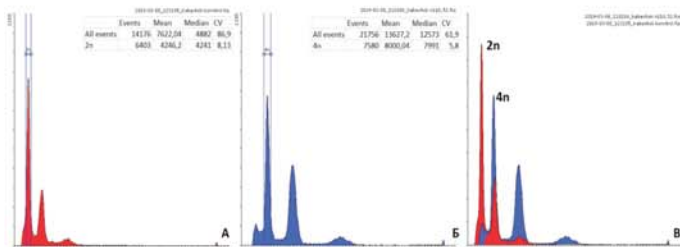
Определение плоидности методом подсчета хлоропластов в замыкающих клетках устьиц



Определение плоидности методом прямого подсчета хромосом



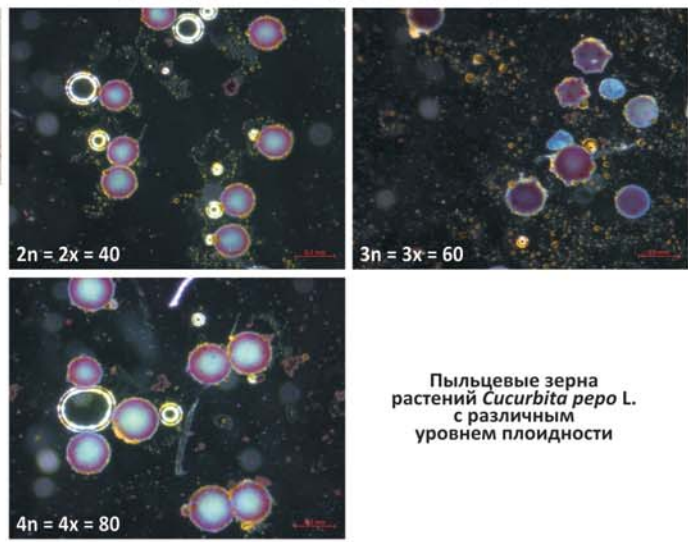
Определение плоидности методом проточной цитометрии



Использование SSR маркеров для оценки на гомозиготность



Оценка растений по морфологическим признакам



Пыльцевые зерна растений *Cucurbita pepo* L. с различным уровнем плоидности



Рис. Получение ДН растений в культуре неопыленных семязпочек *in vitro* у *Cucurbita pepo* L.
Fig. Production of doubled haploid plants through unpollinated ovule culture *in vitro* in *Cucurbita pepo* L.

pero может быть достигнут только при разработке протокола культуры изолированных микроспор и при обязательном включении этапа оценки полученных растений-регенерантов с использованием молекулярных маркеров.

Гиногенез

Технология получения растений-регенерантов в культуре неопыленных семяпочек включает пять основных этапов. Первый этап – индукция эмбриогенеза, обеспечивающая переход клеток зародышевого мешка с гаметофитного пути развития на спорофитный с образованием эмбриоидов или морфогенного каллуса. Второй и третий этап включают регенерацию растений и их укоренение в культуре *in vitro*. Четвертый этап – это адаптация растений к условиям *in vivo* и пятый – самоопыление полученных растений-регенерантов R_0 и получение семенного потомства. На каждый этап будут влиять свои критические факторы. Краткие протоколы, собранные на основе опубликованных статей, представлены в таблице 3.

На первом этапе одним из критических факторов является стадия развития зародышевого мешка. У тыквенных культур зародышевый мешок образуется по *Polygonium*-типу, полностью созревает и готов к оплодотворению через несколько часов после раскрытия цветка. Оптимальной стадией для введения в культуру *in vitro* будет почти зрелый зародышевый мешок. Часть исследователей считает, что вводить в культуру необходимо семяпочки, выделенные из бутонов, находящихся в стадии за 1 сутки до опыления [77,78] (табл.3), другая же часть предполагает, что бутоны необходимо изолировать с вечера, а рано утром срывать. По данным нашей лаборатории, для всех изученных тыквенных культур оптимальным будет предварительно заизолированный полураскрывшийся бутон [79,80].

Изучение влияния предобработки завязей низкими положительными температурами в течение 1-14 суток показало, что для *C. pero* такой тип предобработки не эффективен [44, 77, 80], в то время как температурная обработка 40С уже выделенных и помещенных на индукционную питательную среду семяпочек может оказывать положительное влияние на индукцию гиногенеза [78].

Для *C. pero* оптимальным является культивирование выделенных семяпочек, а не кусочков завязи (*ovarian sliced*), что достаточно часто практикуется у других тыквенных культур [56]. Семяпочки у кабачка и патиссона достаточно крупные по сравнению с огурцом, их легче и быстрее выделять, они меньше травмируются, в то время как фрагменты завязи достаточно крупные, и каллусообразование в них происходит достаточно интенсивно в окружающих семяпочку соматических тканях, подавляя гиногенное развитие.

Выделенные семяпочки оптимально сразу помещать на свет и культивировать при 25°С. Однако в исследовании Shalaby (78) и в протоколе, опубликованном в 2021 году [59] выделенные семяпочки рекомендовалось культивировать в темноте при повышенных температурах 320С и 350С в течении нескольких суток для индукции гиногенного развития (табл. 3). В качестве основы индукционных питательных сред были использованы разнообразные питательные среды: среда С, разрабо-

танная ранее для перца [41]; среда MS [77] [78]; среда N6 [82] и среда IMC [80,81].

Для культур рода *Cucurbita* критичным будет пятый этап технологии (этот же этап будет присутствовать при получении удвоенных гаплоидов с использованием партеногенеза *in situ* и андрогенеза). У растений, имеющих раздельнополые цветки, после культуры *in vitro* достаточно часто бывает трудно добиться одновременного распускания мужского и женского цветка, чтобы провести самоопыление, в связи с этим рекомендуется на этапе регенерации проводить клональное микроразмножение, чтоб получить как можно больше растений одного генотипа для проведения последующих скрещиваний [80,83].

Об эффективности созданной технологии обычно судят по выходу гаплоидов/удвоенных гаплоидов на 1 культивируемую завязь или числу полученных растений из 1 завязи. Хотя нам кажется, что более правильным было бы учитывать количество полученных растений-регенерантов R_0 (линий)/на число культивируемых семяпочек. В первом исследовании по получению удвоенных гаплоидов, проведенном с использованием культуры неопыленных семяпочек, был достигнут результат – 4,3 эмбриоида на 100 культивируемых семяпочек [41]. Shalaby [78] в 2007 году сообщил о успешном получении гиногенных растений кабачка, при этом он привел данные о 48.8% отозвавшихся семяпочек и 15 растений, полученных на одну чашку Петри, в которой содержится 25 семяпочек. Metwally et al. [71] приводят сведения о наилучшем результате, полученном на кабачке сорта Eskandari – 11 регенерированных растений на 100 культивируемых завязей. В нашей лаборатории после оптимизации технологии (рис. 1) нам удалось достичь максимального урожая эмбриоидов 55 шт. на 1 культивируемую завязь. В связи с представленным выше, полученные нами данные могут считаться очень успешными, а разработанная нами среда IMC [80] и этапы технологии – достаточно эффективными для индукции гиногенеза у культур, относящихся к виду *C. pero*.

Определение плоидности полученных растений-регенерантов

Оценить полученные растения-регенеранты на уровень плоидности – крайне важный этап технологии, поскольку для успешного включения полученных растений в селекционный процесс необходимо получить потомство от самоопыления, что невозможно будет сделать у гаплоидных и триплоидных форм без перевода их на повышенный уровень плоидности. Миксоплоидные формы без стабилизации уровня плоидности, также должны выбраковываться.

Плоидность полученных растений-регенерантов можно определить несколькими способами:

- прямым подсчетом хромосом (микроскопирование цитологических препаратов). Этот метод широко используется в течение многих лет, несмотря на сложность получения качественного препарата [84]. Как правило, кончики молодых, развивающихся корней, считаются наиболее удобным материалом для хромосомных наблюдений, как альтернативу можно использовать начинающие развиваться цветочные почки или листья [85,86]. Для получения качественных препаратов приходится применять разнообразные холодные обработки фикси-

рованного материала, либо образцы обрабатывают антимикротрубочковыми агентами для деполимеризации митотических веретен, предотвращения сегрегации хромосом и увеличения их конденсации, и лишь затем окрашивают ДНК-красителями для визуализации [87]. Прямой подсчет хромосом является наиболее надежным методом определения уровня ploидности [88], однако этот метод требует много времени, а также оборудованной для этого лаборатории, квалифицированной рабочей группы, технически сложен и подвержен ошибкам, особенно у видов с маленькими и нечеткими хромосомами, такими как у представители рода *Brassica* [89,90] и рода *Cucurbita* [91].

- методом проточной цитометрии клеточных ядер (определение содержания количества хроматина в ядрах клеток). Это относительно простой и крайне быстрый, позволяющий за рабочие сутки проанализировать несколько сотен образцов, метод, требующий незначительное количество анализируемого материала. К преимуществам также относится возможность проводить исследование на любой стадии развития растения *in vitro* и *in vivo*, даже когда проростки находятся на ранних стадиях роста [92]. Кроме того, проточная цитометрия - единственный метод, который дает подробную информацию о существовании миксоploидных тканей и их пропорциях в исследуемом генотипе [88]. В основе метода лежит окрашивание клеток ДНК-специфическим флуоресцентным красителем и последующая их детекция, подсчет и сортировка с использованием лазера [93]. Несмотря на то, что быстрая обработка образцов сделала метод проточной цитометрии наиболее эффективным, точным и удобным подходом для определения уровня ploидности регенерантов, его применение во многих лабораториях все еще ограничено из-за высокой стоимости оборудования и более высокой стоимости каждого анализа [94].

- по комплексу косвенных морфологических признаков абаксимального эпидермиса листа (включает в себя количество замыкающих клеток устьиц в поле зрения микроскопа, расположенных на абаксимальной стороне листа; размер этих устьиц; число хлоропластов в замыкающих клетках устьиц [75, 94]. При этом наблюдается корреляция: чем меньше количество устьиц в поле зрения микроскопа, тем больше длина и ширина устьица, тем выше уровень ploидности. Эффективность данного метода была отмечена для разных культур: *Brassica* spp. [94,95], *Solanum tuberosum* L. [96], *Capsicum annuum* L. [97], *Physalis peruviana* L. [98], *Beta vulgaris* [99]. Определение ploидности растений по числу хлоропластов в замыкающих клетках устьиц является самым легким, быстрым, дешевым и применяется в практической селекции растений уже более 50 лет [100]. К числу недостатков можно отнести: возможно проводить анализ только на адаптированных к условиям *ex vitro* растениях; оцениваемые растения должны быть выращены при одинаковых условиях.

- фенотипическая сравнительная оценка растений. Гаплоидные растения обычно имеют более мелкие цветки, аномальное развитие завязей, нерегулярное и неравномерное развитие пыльников, более мелкие листья [90,96,98,101].

Каждый из способов отличается по себестоимости расходных материалов, стоимости необходимого оборудо-

вания, времени получения результата для одного образца.

Несмотря на то, что все эти способы определения ploидности употреблялись в немногочисленных опубликованных протоколах для *C. pepo* L., подробного описания методик нам не удалось найти. В литературе практически не встречаются качественные фотографии метафазных хромосом у гаплоидных, диплоидных, триплоидных, тетраплоидных растений кабачка, ввиду большого их количества у этого вида ($2n=40$) и их мелкого размера. Крайне мало информации о референсных значениях показателей у растений с различным уровнем ploидности для использования протоколов по проточной цитометрии клеточных ядер и количеству хлоропластов в замыкающих клетках устьиц (табл. 1, 2, 3).

Использование молекулярного анализа для оценки происхождения/гомозиготности растений, полученных с использованием ДН-технологий

Несмотря на разработанные многообещающие подробные протоколы получения ДН-растений, образование удвоенных гаплоидов не происходит в 100% случаев. Скорость производства ДН может варьировать в зависимости от вида и используемого метода. Например, линии, индуцирующие образование гаплоидов у кукурузы, показывают уровень образования гаплоидных эмбрионидов от 8 до 10%, в то время как все другие полученные особи являются нежелательными продуктами обычного оплодотворения [102]. Вне зависимости от выбранной технологии получения ДН-растений особенно тщательно необходимо исследовать растения-регенеранты с диплоидным набором хромосом. Несмотря на наличие достаточного количества работ, в которых было показано, что спонтанная диплоидизация может происходить на очень ранних стадиях эмбриогенеза [103], необходимо понимать, что часть образующихся растений-регенерантов, несущих диплоидный набор хромосом, может происходить из соматической ткани донорного/материнского растения, а не из гаметофитных (гаплоидных) клеток. Особенно это нужно учитывать при использовании методов культивирования пыльников и неопыленных завязей/семяпочек [104,105]. Подтверждение того, что полученные растения действительно гаплоидны или являются удвоенными гаплоидами, необходимо, чтобы избежать нежелательной гетерозиготности и расщепления в потомстве при последующих самоопылениях и скрещиваниях. Тщательный анализ предполагаемых гаплоидов/удвоенных гаплоидов особенно важен при разработке новых методов и передаче полученных растений в селекционные лаборатории. Отсутствие подтверждения гомозиготности полученных растений-регенерантов может добавить годы дополнительных усилий к исследовательским и селекционным проектам [106]. Отличить спонтанные удвоенные гаплоиды (ДН) от соматических диплоидов с помощью проточной цитометрии и цитогенетических наблюдений не возможно, поскольку они содержат одинаковое количество ядер и хромосом [107]. Идентификация гомозиготного удвоенного гаплоида по морфологическим характеристикам представляется достаточно трудоемкой и малоэффективной процедурой вследствие влияния условий окружающей среды на морфологические признаки [108], хотя о таких исследованиях достаточно часто сообщает-

ся [96,109], в том числе и для культур семейства *Cucurbitaceae* [110]. Использование молекулярных маркеров является хорошей альтернативой и эффективным методом, позволяющим проводить тестирование большого количества спонтанных удвоенных гаплоидов или гомозиготных растений на ранних стадиях развития.

Методы молекулярного скрининга для проверки гомозиготности могут быть применены к большинству сельскохозяйственных культур. По сравнению с изоферментным анализом, который также используют в протоколах получения DH-растений [111–115], молекулярные маркеры основаны на последовательностях генома, в связи с чем более удобны и надежны для анализа на гомозиготность. SSR маркеры (Simple Sequence Repeat), представляющие собой микросателлиты (короткие последовательности ядерной ДНК, состоящие из tandemно повторяющихся нуклеотидных единиц длиной 1–5 нуклеотидов), являются наиболее широко используемыми ДНК-маркерами для подтверждения гаметического происхождения при использовании DH-технологий [56, 116, 117]. SSR довольно распространены в геномах эукариот и широко используются для генетического анализа из-за их кодоминантности, мультиаллельной природы, воспроизводимости, обширного охвата генома и легкости обнаружения [118].

Aleza et al. при использовании технологии индукции партеногенеза при опылении облученной пылью получили гаплоидные и DH-растения клементина, у которых затем подтвердили наличие единичных аллелей, специфичных для материнского растения, с использованием анализа 52 SSR-маркеров [119].

При использовании 43 SSR-маркеров, которые были гетерозиготными у донорной линии апельсина Valencia, подтвердили гомозиготность и удвоение гаплоидов в линиях, полученных в культуре изолированных пыльников. Кроме того, анализ удвоенных гаплоидов с помощью CAPS маркеров (cleaved amplified polymorphic sequence) и последующее секвенирование целевых областей подтвердил гомозиготное аллельное состояние двух генов (LCYE и LCYB), участвующих в биосинтезе каротиноидов у полученных DH-растений *Citrus sinensis* L. [118].

Аналогичное исследование было проведено Wang et al. (2015), в котором был индуцирован андрогенез с помощью культуры пыльников *in vitro* у сладкого апельсина «Rohde Red» и получено два DH-растения. Авторы подтвердили, что эти два DH-растения обладают лишь одним аллелем в каждом из 43 протестированных маркеров SSR [120].

Генетический анализ пяти гаплоидных растений *Citrus maxima* (Burm.) Merr. с использованием 32 SSR-маркеров был проведен с целью подтверждения их гиногенетического происхождения и изучения генетического разнообразия. В результате проведенного анализа было показано, что все гаплоидные растения обладали только одним из аллелей. Также было подтверждено, что гаплоидное растение (BX1) и его удвоенный гаплоид (BX1-DH) имеют абсолютно одинаковые SSR-аллели. Исследование 30 растений, полученных от самоопыления DH-растений, показало точно такие же SSR-аллели, что и у исходного удвоенного гаплоида. В результате было доказано, что самоопыленные DH-потомства могут поддерживать точно такие же аллели, что и их родитель [121].

SSR-маркеры успешно использовались для идентификации гомозиготных спонтанных двойных гаплоидов у

кокосовой пальмы *Cocos nucifera* L. [122], масличной пальмы *Elaeis guineensis* [75], груши *Pyrus communis* L. [111], ячменя *Hordeum vulgare* L. [106,123], Mimulus [124], картофеля *Solanum tuberosum* L. [96,125], перца *Capsicum annuum* L. [126] и межвидовых гибридов рода Brassica [127].

Еще одним интересным подходом для оценки на гомозиготность полученного в результате использования DH-технологий растений-регенерантов будет использование EcoTILLING. Известно, что методы ферментативного расщепления несовпадения для обнаружения полиморфизма в гетеродуплексных молекулах ДНК (Enzymatic mismatch cleavage methods for polymorphism discovery in heteroduplexed DNA molecules) широко применялись в проектах обратной генетики TILLING (от англ. Targeting Induced Local Lesions in Genomes – введение индуцированных локальных повреждений в геномах) [128,129]. Этот подход выгоден тем, что с небольшими изменениями его можно применить к большинству видов. Кроме того, он позволяет обнаружить полиморфизм не только у диплоидных, но и у полиплоидных видов [130–132]. Для анализа используется ряд ферментов, которые могут вызывать двухцепочечные разрывы, что позволяет применять при детекции результатов недорогие агарозные гели. Стратегия обнаружения множественных типов естественных полиморфизмов в природных популяциях «multiple types of natural polymorphisms in natural populations» впервые была описана при изучении различных природных экотипов у *Arabidopsis*, в связи с чем она и получила название «EcoTILLING» [133]. Использование этого метода позволяет легко оценить у большого количества генотипов нуклеотидное разнообразие и потерю гетерозиготности без использования дорогостоящего секвенирования ДНК. Этот подход был успешно использован для оценки девяти предположительно DH растений-регенерантов ячменя, полученных в культуре изолированных микроспор. Авторы протестировали 26 ампликонов, ранее разработанных для TILLING с использованием самоизвлекаемой однострессовой нуклеазы и стандартных агарозных гелей. 11 из 26 протестированных праймеров позволили однозначно определить гетерозиготность в гибриде F₁ (использовался в качестве донорного растения для получения DH в культуре изолированных микроспор) и потерю гетерозиготности у полученных растений-регенерантов, имеющих диплоидный набор хромосом. Путем параллельного тестирования ранее разработанных SSR-маркеров в этом же исследовании было показано, что только три из 33 отобранных ранее SSR-маркеров подходили для скрининга этих же образцов. Это позволило авторам предположить, что подходы к ферментативному расщеплению несовпадений могут быть более эффективными, чем скрининг на основе SSR, даже у видов с хорошо разработанными маркерами [106]. Данный подход в дальнейшем может быть использован и на других видах.

У культур семейства *Cucurbitaceae* также имеются сообщения об успешном использовании SSR-маркеров для оценки растений-регенерантов, полученных в культуре изолированных пыльников огурца [134] и неопыленных завязей/семяпочек дыни [116] и огурца *Cucumis sativus* L. [107].

Diao et al. использовали микросателлитные маркеры (SSR) для анализа гомозиготности диплоидных растений, полученных в культуре неопыленных завязей огурца. Из 33

проанализированных диплоидных растений 17 (51,5%) были идентифицированы как удвоенные гаплоиды. Для анализа было отобрано 7 SSR пар праймеров (CMAG59, CMGA104, CMCTT144, CMTC47, CMAT141, CMCCA145, CMTC123), которые изначально были разработаны на основе геномной библиотеки дыни [127], и выявляли гетерозиготное состояние у материнских/донорных растений. Три пары праймеров (CMAG59, CMGA104 и CMCTT144) могли также и различать разные линии (Jinlv, Biyu и Jinchun) на которых проводилось исследование [107].

В исследовании, проведенном Malik et al. [116] в 2011 на дыне (*Cucumis melo* L.), было протестировано 23 пары SSR-праймеров, из которых было отобрано шесть (CMCT158, CMAT141, CMCCA145, CMGA172, CMCT505 и CSGTT15b), выявляющих гетерозиготность донорных растений, из которых в культуре неопыленных завязей были получены растения-регенеранты, имеющие диплоидный набор хромосом. Все регенерированные проростки оказались гомозиготными и имели гаметофитное происхождение с последующей спонтанной диплоидизацией. Примечательно, что одна пара праймеров (CMGA172) у донорного растения амплифицировала 4 аллеля, в то время как у гиногенных проростков можно было наблюдать только два из них. Таким образом, частично гетерозиготных растений, гомозиготных по этому локусу, обнаружено не было. Выбрав этот локус первым для анализа неизвестных диплоидов, возможно эффективно выявить гетерозиготы за одну амплификацию. Ранее Perera et al. [122] также пришли к выводу, что одной пары праймеров с разделяющим аллелем в родительском доноре достаточно для дифференцировки популяции, поскольку все проанализированные проростки произошли от одного и того же родителя-донора.

Микросателлитные праймеры оказались удобными для оценки растений, полученных не только в культуре изолированных неопыленных завязей/семяпочек, но и в культуре изолированных пыльников огурца. Из 15 протестированных SSR-праймеров два (CMAG59 и CMCTT144) оказались полиморфными и, следовательно, полезными для идентификации ДН среди популяции растений [134]. Как и ожидали авторы, согласно оригинальному описанию Danin-Poleg et al. [135], растения-доноры имели три полосы амплификации для CMAG59, тогда как растения, полученные из пыльников, представили одну/две (для ДН) или три исходные полосы (для соматических регенерантов). Для CMCTT144 растения-доноры представляли две полосы, а растения, производные от пыльников, представляли только одну (для ДН) или две исходные полосы (для соматических регенерантов). Среди 47 диплоидных растений, полученных органогенезом из каллусов Beta Alpha F₁, 19% были соматическими диплоидами, тогда как 81% были удвоенными гаплоидами (ДН), что также подтвердило высокий уровень возникновения спонтанной диплоидизации на ранних стадиях андрогенеза.

Нам удалось обнаружить только одно исследование по применению микросателлитных маркеров в виде *C. pepo* для оценки полученных растений-регенерантов. Диплоидные растения были получены при использовании технологии партеногенетического развития, стимулированного опылением X-облученной пылью цветков тыквы голосемянной *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* var. *Styriaca*. Из протестированных 23 SSR-маркеров, было отобрано шесть (CMTp80, CMTp88, CMTp125, CMTp142, CMTp235 и

CMTp245), амплифицирующих несколько дискретных аллелей. Молекулярный анализ был проведен на 253 подтвержденных методом проточной цитометрии диплоидных растениях-регенерантах, полученных из плодов трех разных генотипов. Чтобы различать диплоиды зиготического происхождения и спонтанно удвоенные гаплоиды (ДН), их аллельный состав сравнивали с аллельным составом родительских растений; 245 (96,8%) образцов показали гетерозиготность по первым двум протестированным локусам, тогда как восемь были гомозиготными по обоим тестируемому локусам. Проведенный дальнейший углубленный SSR анализ показал, что все полученные диплоидные растения являются зиготическими зародышами, а не образовались в результате спонтанной диплоидизации [8].

Появившиеся в последнее время публикации по изучению генетического разнообразия *C. pepo* с использованием молекулярных маркеров, большое количество разработанных праймеров и построенная генетическая карта этого вида [136,137], не оставляет сомнения, что в ближайшее время в протоколы получения удвоенных гаплоидов у различных разновидностей *C. pepo* будет обязательно включен этап тестирования с использованием молекулярных маркеров, поскольку только с его помощью можно подтвердить происхождение полученных растений-регенерантов.

Заключение

Современные селекционные программы у тыквенных культур невозможно ускорить без использования гомозиготных линий, созданных с использованием ДН-технологий. В настоящий момент все усилия направлены на разработку эффективных технологий получения ДН-растений. Существенно удалось улучшить выход удвоенных гаплоидов *C. pepo* при использовании технологии культивирования неопыленных семяпочек *in vitro*, а технологию культивирования микроспор только предстоит еще разработать. Кроме того, необходимо учитывать, что выход удвоенных гаплоидов даже внутри одного вида может сильно различаться в значительной степени по неизвестным причинам, а многие виды и генотипы так и остаются неотзывчивыми. Решить эту проблему возможно позволят появившиеся в последнее время новые подходы с использованием методов редактирования генома CRISPR/Cas9, направленные на получение линий гаплоиндукторов. Появившееся сообщение о том, что модификации центромер-специфичного варианта гистона H3 (CENH3) вызывают элиминацию генома у *Arabidopsis thaliana* [138], предполагает, что целевые мутации в CENH3, индуцированные редактированием генома, смогут приводить к продукции линий гаплоидных индукторов и ускорять селекцию, в том числе и у овощных культур, относящихся к виду *C. pepo*.

Список сокращений/Abbreviations:

ДН – doubled haploid-удвоенный гаплоид;
2,4-D – 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid – (2,4-Д);
IAA – Indole-3-acetic acid (ИУК);
NAA – α -naphthaleneacetic acid (НУК);
TDZ – thidiazuron 1-Phenyl-3-(1,2,3-thiadiazol-5-yl)urea (тидазурон);
KT – Kinetin (кинетин);
SSR – Simple Sequence Repeat
BA – 6-Benzylaminopurine (БАП)

Об авторах:

Елена Алексеевна Домблидес – кандидат с.-х. наук, зав. лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции с.-х. растений, edomblides@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2695-190X>

Алексей Станиславович Ермолаев – младший научный сотрудник лаборатории репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, AlexeyErmolaev@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7433-5271>

Сергей Николаевич Белов – младший научный сотрудник лаборатории репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, belov@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>

About the authors:

Elena A. Domblides – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding, edomblides@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2695-190X>

Alexey S. Ermolaev – Junior Researcher of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding, AlexeyErmolaev@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7433-5271>

Sergey N. Belov – Junior Researcher of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding, belov@vniissok.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>

• Литература / References

1. Paris H.S. Summer squash: history, diversity, and distribution. *HortTechnology*. 1996;6(1):6–13.
2. Paris H.S. Summer squash. *Vegetables I*. 2008. p. 351–379.
3. Paris H.S. Germplasm enhancement of *Cucurbita pepo* (pumpkin, squash, gourd: *Cucurbitaceae*): progress and challenges. *Euphytica*. 2016;208(3):415–438.
4. FAOSTAT. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV> Дата обращения: [17.05.2021]
5. Вавилов Н.И. О междуродовых гибридах дынь, арбузов и тыкв. (К проблеме о захождении видовых и родовых систематических признаков). *Тр. по прикл. ботан. и селекции*. 1924;1925:3–35. [Vavilov N.I. On intergeneric hybrids of melons, watermelons and pumpkins (On the problem of the occurrence of species and generic systematic characters). *Tr. by app. nerd. and selection*. 1924; 1925:3–35. (In Russ.)]
6. Paris H.S. A proposed subspecific classification for *Cucurbita pepo*. *Phytologia (USA)*. 1986.
7. Paris H.S. Historical records, origins, and development of the edible cultivar groups of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany*. 1989;43(4):423–443.
8. Košmrlj K, Murovec J., Bohanec B. Haploid induction in hull-less seed pumpkin through parthenogenesis induced by X-ray-irradiated pollen. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2013;138(4):310–316. <https://doi.org/10.21273/JASHS.138.4.310>
9. Germana MA. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding. *Plant cell reports*. 2011;30(5):839–857.
10. Seguí-Simarro J.M., Moreno J.B., Fernández M.G., Mir R. Species with haploid or doubled haploid protocols. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 41–103.
11. Blakeslee A.F., Belling J., Farnham M.E., Bergner A.D.. A haploid mutant in the jimson weed, "*Datura Stramonium*". *Science*. 1922;55(1433): 646–647. <https://doi.org/10.1126/science.55.1433.646>
12. Belling J, Blakeslee AF. The Configurations and Sizes of the Chromosomes in the Trivalents of 25-Chromosome Daturas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1924;10(3): 116–120. <https://doi.org/10.1073/pnas.10.3.116>
13. Harland S.C., Harland S.C. Plant Breeding: Present Position and Future Perspective. . 15 pp. Cambridge: University Press. *Plant breeding: present position and future perspective. Illrd Bateson Lecture*. 1955.
14. Harland SC. The genetical conception of the species. *Biological Reviews*. 1936;11(1):83–112. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1936.tb00498.x>
15. Clausen RE, Mann MC. Inheritance in *Nicotiana Tabacum*: V. The occurrence of haploid plants in interspecific progenies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1924;10(4):121–124. <https://doi.org/10.1073/pnas.10.4.121>
16. Gaines EF, Aase HC. A haploid wheat plant. *American Journal of Botany*. 1926;13(6):373. <https://doi.org/10.2307/2435439>
17. Lindstrom E.W. A haploid mutant in the Tomato*. *Journal of Heredity*. 1929;20(1):23–30. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a103092>
18. Kimber G., Riley R. The relationships of the diploid progenitors of hexaploid wheat. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 1963;5(1):83–88. <https://doi.org/10.1139/g63-012>
19. Хохлов С., Гришина Е., Зайцева М., Тырнов В., Малышева-Шишкинская Н. Гаплоидия у покрытосеменных растений. 1970. 13 с. [Khokhlov S, Grishina E, Zaitseva M, Tyrnov V, Malysheva-Shishkinskaya N. Haploidy in angiosperms. 1970. 13 p. (In Russ.)]
20. Карпеченко Г.Д., Шавинская С.А. О половом обособлении тетраплоидных гибридов *Raphanus* × *Brassica*. *Тр. Всесоюз. съезда по генетике, селекции, семеноводству и племенному животноводству*. 1930;(2):267–276. [Karpechenko G.D., Shavinskaya S.A. Sexual isolation of *Raphanus* × *Brassica* tetraploid hybrids. *All-Union. Congress on genetics, breeding, seed production and livestock breeding*. 1930;(2):267–276. (In Russ.)]
21. Навашин С.Г. Об изменении числа и морфологических признаков хромосом у межвидовых гибридов. *Тр. по прикл. ботан. и селекции*. 1927;17(3):121–150. [Navashin SG. On the change in the number and morphological characteristics of chromosomes in interspecific hybrids. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1927;17(3):121–150. (Шт Russ.)]
22. Вавилов Н.И. *Генетика на службе социалистического земледелия*. 1932. [Vavilov N.I. *Genetics at the service of socialist agriculture*. 1932. (In Russ.)]
23. Карпеченко Г.Д. Экспериментальная полиплоидия и гаплоидия. *Теоретические основы селекции растений*. 1935;1: 398–434. [Karpechenko G.D. Experimental polyploidy and haploidy. *Theoretical foundations of plant breeding*. 1935;(1):398–434. (In Russ.)]
24. Иванов М.А. Экспериментальное получение гаплоидов у *Nicotina rustica* (со специальным рассмотрением гаплоидии у цветковых растений). *Изв. биол.-геогр. научн.-иссл. института при Восточно-Сибирском гос. университете*. 1937;3(4): 56–71. [Ivanov MA. Experimental production of haploids in *Nicotina rustica* (with special consideration of haploidy in flowering plants). *Izv. biol.-geogr. scientific research Institute at the East Siberian State. university*. 1937;3(4):56–71. (In Russ.)]
25. Chase S.S. Monoploid frequencies in a commercial double cross hybrid maize, and in its component single cross hybrids and inbred lines. *Genetics*. 1949;34(3):328. <https://doi.org/10.1093/genetics/34.3.328>
26. Chase S.S. Monoploids in maize. *Heterosis*. 1952; 389–399.
27. Guha S., Maheshwari S.C. *in vitro* production of embryos from anthers of *Datura*. *Nature*. 1964;204(4957):497–497. <https://doi.org/10.1038/204497a0>
28. Guha S., Maheshwari S.C. Cell division and differentiation of embryos in the pollen grains of *datura in vitro*. *Nature*. 1966;212(5057): 97–98. <https://doi.org/10.1038/212097a0>
29. Hayase H. *Cucurbita*-crosses. V. Occurrence of a haploid twin pair from a F₁ progeny of *C. maxminta* × *C. moschata*. *Ikushugaku zasshi*. 1954;4(2): 115–121. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.4.115>
30. Aalders L.E. Monoploidy in cucumbers. *Journal of Heredity*. 1958;49(1): 41–44. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a106762>
31. Lofli M., Salehi M. Detection of cucumber parthenogenic haploid embryos by floating of immature seeds in liquid medium. *IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae*. 2008. p. 375–380. <https://w3.avignon.inra.fr/dspace/handle/2174/234>
32. Baktumur G, Taşkın H, Büyükalaca S. Comparison of different methods for separation of haploid embryo induced through irradiated pollen and their economic analysis in melon (*Cucumis melo* var. *inodorus*). *The Scientific World Journal*. 2013;2013: 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/529502>
33. Dumas de Vaulx R. Obtention de plantes haploides chez le melon (*Cucumis melo* L.) apres pollinisation par *Cucumis ficifolius* A. *Rich CR Acad Sci III-Vie*. 1979;(289): 875–878.
34. Thompson KF. *Oil-seed rape*. 1972.
35. Ho K.M., Jones G.E. Mingo barley. *Canadian Journal of Plant Science*. 1980;60(1): 279–280.
36. Swaminathan M.S., Singh M.P. X-ray induced somatic haploidy in watermelon. *Current Science*. 1958;27(2):63–64.
37. Sinha S., Jha K.K., Roy R.P. *In vitro* development of callus from anthers in *Luffa cylindrica*. *Current science*. 1979.
38. Xue G.R., Yu W.Y., Fei K.W., Cui H.N., Sun R.X., GR X., Yu W.Y., Fei K.W., Watermelon plants derived by *in vitro* anther culture. *Plant Physiol Commun (CHN)*. 1983;(4): 4–42.
39. San Noeum LH. Haploides d, *Hordeum vulgare* L. par culture *in vitro* non fecondes. *Ann. Amelior Plantes*. 1976;(26):751–754.
40. Chambonnet D., De Vaulx R.D. Obtention of embryos and plants from *in vitro* culture of unfertilized ovules of *Cucurbita pepo*. *Cucurbit Genet Coop*. 1985;(8):66.
41. De Vaulx R.D., Chambonnet D. Obtention Of Embryos And Plants From *In Vitro* Culture Of Unfertilized Ovules Of *Cucurbita Pepo*. *Genetic Manipulation in Plant Breeding*. 1986. p. 295–298. <https://doi.org/10.1515/9783110871944-048>
42. Dirks R. *Patent Number*: 5,492,827. 1996. p. 1243–1244.
43. Gémesné Juhász A., Venczel G., Balogh P. Haploid plant induction in zucchini (*cucurbita pepo* l. Convar. Giromontiina duch) and in cucumber (*cucumis sativus* l.) Lines through *in vitro* gynogenesis. *Acta Horticulturae*. 1997;(447):623–626. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.447.124>
44. Rakha M.T., Metwally E.I., Moustafa S.A., Etman A.A., Dewir Y.H. Evaluation of regenerated strains from six *Cucurbita* interspecific hybrids obtained through anther and ovule *in vitro* cultures. *Australian Journal of Crop Science*. 2012;6(1):23–30.
45. Min Z., Li H., Zou T., Tong L., Cheng J., Sun X. Studies of *in vitro* cul-

- ture and plant regeneration of unfertilized ovary of pumpkin. *Chinese Bulletin of Botany*. 2016;51(1):74.
46. Sait K.E., Ahmet B., Ozbakir O.M. Production of callus mediated gynogenic haploids in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). *Czech journal of genetics and plant breeding*. 2018;54(1):9–16.
 47. Sauton A., Vaulx R.D., Dumas Vaulx R. Obtention de plantes haploïdes chez le melon (*Cucumis melo* L.) par gynogénèse induite par du pollen irradié. *Agronomie*. 1987;7(2):141–148. <https://doi.org/10.1051/agro:19870209>
 48. Truong-Andre I. *In vitro* haploid plants derived from pollination by irradiated pollen on cucumber. *Eucarpia meeting on cucurbit genetics and breeding, Montfavet (France), 31 May-2 Jun 1988*. 1988.
 49. Sauton A. Haploid gynogenesis in *Cucumis sativus* induced by irradiated pollen. *Cucurbit Genetics Coop.* 1989;(12):22–23.
 50. Niemirówicz-Szczytt K., Dumas de Vaulx R. Preliminary data on haploid cucumber (*Cucumis sativus* L.) induction. *Cucurbit Genet Coop.* 1989;(12):24–25.
 51. Kurtar ES, Sarl N, Abak K. Obtention of haploid embryos and plants through irradiated pollen technique in squash (*Cucurbita pepo* L.). *Euphytica*. 2002;127(3):335–344. <https://doi.org/10.1023/A:1020343900419>
 52. Kurtar E.S., Balkaya A., Ozbakir M., Ofluoglu T. Induction of haploid embryo and plant regeneration via irradiated pollen technique in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex. Poir). *African Journal of Biotechnology*. 2009;8(21):5944–5951.
 53. Kurtar ES, Balkaya A. Production of *in vitro* haploid plants from *in situ* induced haploid embryos in winter squash (*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.) via irradiated pollen. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2010;102(3):267–277. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9729-1>
 54. Przyborowski J.A. Haploidy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). 1996. p. 91–98. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1858-5_6
 55. Gałazka J., Niemirówicz-Szczytt K. Review of research on haploid production in cucumber and other cucurbits. *Folia Horticulturae*. 2013;25(1):67–78. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0008>
 56. Dong Y.Q., Zhao W.X., Li X.H., Liu X.C., Gao N.N., Huang J.H., et al. Androgenesis, gynogenesis, and parthenogenesis haploids in cucurbit species. *Plant Cell Reports*. 2016;35(10): 1991–2019. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2018-7>
 57. Domblides E.A., Belov S.N., Soldatenko A.V., Pivovarov V.F. Production of Doubled Haploids in cucumber. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(5):3–14. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-3-14>
 58. Hooghvorst I., Nogués S. Opportunities and Challenges in Doubled Haploids and Haploid Inducer-Mediated Genome-Editing Systems in Cucurbits. *Agronomy*. 2020;10(9):1441. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091441>
 59. Kurtar ES, Seymen M. Gynogenesis in *Cucurbita* Species. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 123–133. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1331-3_8
 60. d'Hooghvorst I, Torrico O, Nogués S. Doubled Haploid Parthenogenetic Production of Melon 'Piel de Sapo'. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 87–95. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1331-3_5
 61. Asadi A., Segui-Simarro J.M. Production of Doubled Haploid Plants in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Through Anther Culture. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 71–85. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1331-3_4
 62. Kurtar E.S., Seymen M. Induction of Parthenogenesis by Irradiated Pollen in *Cucurbita* Species. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 135–145. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1331-3_9
 63. Kurtar E.S., Seymen M. Anther Culture in *Cucurbita* Species. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 111–121. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1331-3_7
 64. Kurtar E.S., Seymen M., Ünal K.A.L. An overview of doubled haploid plant production in *Cucurbita* species. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2020;30(3):510–520.
 65. Kurtar E.S., Seymen M., Çetin A.N., Türkmen Ö. Dihaploidization in promising summer squash genotypes (*Cucurbita pepo* L.) via irradiated pollen technique. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 2021;31(1):42–51. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.800475>
 66. Baktemur G., Yücel N.K., Taşkın H., Çömləkçioğlu S., Büyükalaca S. Effects of different genotypes and gamma ray doses on haploidization using irradiated pollen technique in squash. *Turkish Journal of Biology*. 2014;38(3):318–327. <https://doi.org/10.3906/biy-1309-5>
 67. Ebrahimzadeh H., Lotfi M., Ghanavati F. Production of Haploids in *Cucurbita pepo* L. through Parthenogenesis Induced by Gamma-Irradiated Pollen. *های بذری و رسیدن گلخانه تحقیقاتی پردیس ابریحان دانشگاه تهران و در پش از رشد گیاهچه*. 2013;60(40):99–108.
 68. KURTAR ES, BALKAYA A, GÖÇMEN M. Hiyara (*Cucumis sativus* L.) Anaç Olabilecek Ümitvar Kabak (*Cucurbita* spp.) Genotiplerinde Işınlanmış Polen Tekniği İle Dihaploidizasyon. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*. 2017;31(1):34–41. <https://doi.org/10.15316/sjafs.2017.4>
 69. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962;15(3):473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
 70. Chée R.P., Leskovar D.I., Cantliffe D.J. Optimizing embryogenic callus and embryo growth of a synthetic seed system for sweetpotato by varying media nutrient concentrations. *Journal of the American Society For Horticultural Science*. 1992;117(4):663–667.
 71. Metwally E.I., Moustafa S.A., El-Sawy B.I., Shalaby T.A. Haploid plantlets derived by anther culture of *Cucurbita pepo* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1998;52(3):171–176. <https://doi.org/10.1023/A:1005908326663>
 72. Mohamed M.F., Refaei E.F.S. Enhanced Haploids Regeneration in Anther Culture of Summer Squash (*Cucurbita pepo* L.). *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 2004;27(January 2004):57–60.
 73. Shalaby T.A. Embryogenesis and plantlets regeneration from anther culture of squash plants (*Cucurbita pepo* L.) as affected by different genotypes. *J Agric Res Tanta Univ*. 2006;32(1):173–183.
 74. Shail J.W., Robinson R.W. Anther and ovule culture of *Cucurbita*. *Cucurbit Genet Coop.* 1987;(10):92.
 75. Dunwell J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation. *Plant Biotechnology Journal*. 2010;8(4):377–424. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00498.x>
 76. Nitsch C., Norreel B. Factors favoring the formation of androgenetic embryos in anther culture. *Genes, Enzymes, and Populations*. 1973. p. 129–144.
 77. Metwally E.I., Moustafa S.A., El-Sawy B.I., Haroun S.A., Shalaby T.A. Production of haploid plants from *in vitro* culture of unpollinated ovules of *Cucurbita pepo*. *Plant cell, tissue and organ culture*. 1998;52(3):117–121.
 78. Shalaby T.A. Factors affecting haploid induction through *in vitro* gynogenesis in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Scientia horticulturae*. 2007;115(1):1–6.
 79. Шмыкова Н.А., Супрунова Т.П. Индукция гиногенеза в культуре *in vitro* неопыленных семян Cucumis sativus L. *Гаурш*. 2009; 40–44. [Shmykova N.A., Suprunova T.P. Induction of gynogenesis *in vitro* culture of non-pollinated ovules of *Cucumis sativus* L. *Gavrish*. 2009; 40–44. (In Russ.)]
 80. Domblides, E., Shmykova, N., Khimich, G., Korotseva, I., Kan, L., Domblides, A., Pivovarov, V. and Soldatenko, A. Production of doubled haploid plants of *Cucurbitaceae* family crops through unpollinated ovule culture *in vitro*. *Acta Hort.* 2020;(1294):19–28. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1294.4 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1294.4>
 81. Домблидес Е.А., Шмыкова Н.А., Заячковская Т.В., Химич Г.А., Коротцева И.Б., Кан Л.Ю., et al. Получение удвоенных гаплоидов в культуре неопыленных семян кабачка (*Cucurbita pepo* L.). *Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиологические, биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)*. 2016. p. 28–29. [Domblides E.A., Shmykova N.A., Zayachkovskaya T.V., Khimich G.A., Korotseva I.B., Kan L.Yu., et al. Obtaining doubled haploids in the culture of non-pollinated vegetable marrow (*Cucurbita pepo* L.). *Biotechnology as a tool for the conservation of plant biodiversity (physiological, biochemical, embryological, genetic and legal aspect)*. 2016. p. 28–29. (In Russ.)]
 82. Bing X., Xiufeng W., Zhicheng F. Improved conditions of *in vitro* culture of unpollinated ovules and production of embryonic sac plants in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Scientia Agricultura Sinica*. 2006;.
 83. Andersen S.B., Christiansen I., Farestveit B. Carrot (*Daucus carota* L.): *In Vitro* Production of Haploids and Field Trials. 1990. p. 393–402. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61499-6_20 [6th November 2020]
 84. Ribeiro C.B., Pereira F. de C., Nóbrega L. da, Rezende B.A., Dias K.O. das G., Braz G.T., et al. Haploid identification using tropicalized haploid inducer progenies in maize. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2018;(18):16–23.
 85. Maluszynski M., Kasha K., Forster B.P., Szarejko I. *Doubled haploid production in crop plants: a manual*. 2003.
 86. Ochatt S.J., Patat-Ochatt E.M., Moessner A.. Ploidy level determination within the context of *in vitro* breeding. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2011;104(3):329–341.
 87. Singh R.J. *Plant cytogenetics* CRC Press. Boca Raton. 2003.
 88. Bohanec B. Ploidy determination using flow cytometry. *Doubled haploid production in crop plants*. 2003. p. 397–403.
 89. Snowden R.J. Cytogenetics and genome analysis in *Brassica* crops. *Chromosome Research*. 2007;15(1):85–95.
 90. Takahira J., Cousin A., Nelson M.N., Cowling W.A. Improvement in efficiency of microspore culture to produce doubled haploid canola (*Brassica napus* L.) by flow cytometry. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2011;104(1):51–59.
 91. Домблидес Е.А., Кан Л.Ю., Химич Г.А., Коротцева И.Б., Домблидес А.С. Цитологическая оценка удвоенных гаплоидов кабачка (*Cucurbita pepo* L.). *Овощи России*. 2018;(6):3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-3-7> [Domblides E.A., Kan L.Yu., Khimich G.A., Korotseva I.B., Domblides A.S. Cytological assessment of doubled haploids in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2018;(6):3-7. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-6-3-7>]

92. Ochatt S.J. Flow cytometry in plant breeding. *Cytometry Part A: the journal of the International Society for Analytical Cytology*. 2008;73(7):581–598.
93. Bartoš J., Alkhimova O., Doleželová M., De Langhe E., Doležel J. Nuclear genome size and genomic distribution of ribosomal DNA in Musa and Ensete (*Musaceae*): taxonomic implications. *Cytogenetic and Genome Research*. 2005;109(1–3):50–57.
94. Monakhos S.G., Nguen M.L., Bezbozhnaya A.V., Monakhos G.F. A relationship between ploidy level and the number of chloroplasts in stomatal guard cells in diploid and amphidiploid *Brassica* species. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;(5 (eng)).
95. Yuan S., Liu Y.-M., Fang Z.-Y., Yang L.-M., Zhuang M., Zhang Y.-Y., et al. Study on the relationship between the ploidy level of microspore-derived plants and the number of chloroplast in stomatal guard cells in *Brassica oleracea*. *Agricultural Sciences in China*. 2009;8(8):939–946.
96. Sharma S., Sarkar D., Pandey S.K. Phenotypic characterization and nuclear microsatellite analysis reveal genomic changes and rearrangements underlying androgenesis in tetraploid potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*. 2010;171(3):313–326.
97. Irikova T., Grozeva S., Rodeva V. Anther culture in pepper (*Capsicum annuum* L.) *in vitro*. *Acta physiologiae plantarum*. 2011;33(5):1559–1570. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0736-6>
98. García-Arias F., Sánchez-Betancourt E., Núñez V. Fertility recovery of anther-derived haploid plants in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*. 2018;36(3):201–209.
99. Малецкий СИ, Юданова СС, Малецкая ЕИ. Эпигеномная и эпипластомная изменчивость у гаплоидных и дигаплоидных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). *Сельскохозяйственная биология*. 2015;(5). [Maletsky SI, Yudanov SS, Maletskaya EI. Epigenomic and epiplastomic variability in haploid and dihaploid sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). *Agricultural biology*. 2015; (5)(In Russ.)].
100. Ahmadi B., Ebrahimzadeh H. *In vitro* androgenesis: Spontaneous vs. artificial genome doubling and characterization of regenerants. *Plant cell reports*. 2020;39(3):299–316.
101. Höfer M., Grafe C., Boudichevskaja A., Lopez A., Bueno M.A., Roen D. Characterization of plant material obtained by *in vitro* androgenesis and *in situ* parthenogenesis in apple. *Scientia horticulturae*. 2008;117(3):203–211.
102. Geiger H.H., Gordillo G.A. Doubled haploids in hybrid maize breeding. *Maydica*. 2009;54(4):485.
103. Ficcadenti N., Sestili S., Pandolfini T., Cirillo C., Rotino G.L., Spena A. Genetic engineering of parthenocarpic fruit development in tomato. *Molecular Breeding*. 1999;5(5):463–470.
104. Munyon I.P., Hubstenberger J.F., Phillips G.C. Origin of plantlets and callus obtained from chile pepper anther cultures. *In vitro cellular & developmental biology*. 1989;25(3):293–296.
105. Suprunova T., Shmykova N., Pitrat M. *In vitro* induction of haploid plants in unpollinated ovules, anther and microspore culture of Cucumis sativus. *Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae*. 2008; 371–374. <https://w3.avignon.inra.fr/dspace/handle/2174/233>
106. Hofinger B.J., Huynh O.A., Jankowicz-Cieslak J., Müller A., Otto I., Kümlehn J., et al. Validation of doubled haploid plants by enzymatic mismatch cleavage. *Plant methods*. 2013;9(1):1–10.
107. Diao W.P., Jia Y.Y., Song H., Zhang X.Q., Lou Q.F., Chen J.F. Efficient embryo induction in cucumber ovary culture and homozygous identification of the regenerants using SSR markers. *Scientia Horticulturae*. 2009;119(3):246–251. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.016>
108. Chen Y., Hausner G., Kenaschuk E., Procunier D., Dribnenki P., Penner G. Identification of microspore-derived plants in anther culture of flax (*Linum usitatissimum* L.) using molecular markers. *Plant Cell Reports*. 1998;18(1):44–48.
109. Kernan Z., Ferrie A.M.R. Microspore embryogenesis and the development of a double haploidy protocol for cow cockle (*Saponaria vaccaria*). *Plant cell reports*. 2006;25(4):274–280.
110. Song H., Lou Q.-F., Luo X.-D., Wolukau J.N., Diao W.-P., Qian C.-T., et al. Regeneration of doubled haploid plants by androgenesis of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant cell, tissue and organ culture*. 2007;90(3):245–254. <https://doi.org/10.1007/s11240-007-9263-y>
111. Bouvier L., Guerif P.H., Djulbic M., Durel C.-E., Chevreau E., Lespinasse Y. Chromosome doubling of pear haploid plants and homozygosity assessment using isozyme and microsatellite markers. *Euphytica*. 2002;123(2):255–262.
112. Bartošová Z., Obert B., Takac T., Kormutak A., Pretová A. Using enzyme polymorphism to identify the gametic origin of flax regenerants. *Acta Biol Cracov Bot*. 2005;(47):173–178.
113. Górecka K., Krzyżanowska D., Kiszczak W., Kowalska U., Górecki R. Carrot Doubled Haploids. *Advances in Haploid Production in Higher Plants*. 2009. p. 231–239. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8854-4_20
114. Kiszczak W., Burian M., Kowalska U., Górecka K., Podwyszyńska M. Production of Homozygous Red Beet (*Beta vulgaris* L. subsp. vulgaris) Plants by Ovule Culture. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p.301–312.
115. Kiszczak W., Burian M., Kowalska U., Górecka K. Production of Homozygous Carrot (*Daucus carota* L.) Plants by Anther Culture. *Doubled Haploid Technology*. 2021. p. 113–126.
116. Malik A.A., Li C., Shuxia Z., Jin-feng C., Cui L.I., Zhang S., et al. Efficiency of SSR markers for determining the origin of melon plantlets derived through unfertilized ovary culture. *Horticultural Science*. 2011;38(1):27–34. <https://doi.org/10.17221/47/2010-hortsci>
117. Anandhan S., Chavan A.A., Gopal J., Mote S.R., Shelke P.V., Lawande K.E. Variation in gynogenic potential for haploid induction in Indian short-day onions. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2014;74(4):526–528.
118. Cao H., Biswas M.K., Lü Y., Amar M.H., Tong Z., Xu Q., et al. Doubled haploid callus lines of Valencia sweet orange recovered from anther culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2011;104(3):415–423.
119. Aleza P., Juárez J., Hernández M., Pina J.A., Ollitrault P., Navarro L. Recovery and characterization of a Citrus clementina Hort. ex Tan.'Clemenules' haploid plant selected to establish the reference whole Citrus genome sequence. *BMC Plant Biology*. 2009;9(1):1–17.
120. Wang S.-M., Lan H., Cao H.-B., Xu Q., Chen C.-L., Deng X.-X., et al. Recovery and characterization of homozygous lines from two sweet orange cultivars via anther culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2015;123(3):633–644.
121. Kawano M., Yahata M., Shimizu T., Honsho C., Hirano T., Kunitake H. Production of doubled-haploid (DH) selfed-progenies in 'Banpeiyu'pummelo [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] and its genetic analysis with simple sequence repeat markers. *Scientia Horticulturae*. 2021;(277):109782.
122. Perera P.I.P., Perera L., Hoche V., Verdeil J.-L., Yakandawala D.M.D., Weerakoon L.K. Use of SSR markers to determine the anther-derived homozygous lines in coconut. *Plant cell reports*. 2008;27(11):1697–1703.
123. Varshney R.K., Marcel T.C., Ramsay L., Russell J., Röder M.S., Stein N., et al. A high density barley microsatellite consensus map with 775 SSR loci. *Theoretical and Applied Genetics*. 2007;114(6):1091–1103.
124. Murovec J., Stajner N., Jakse J., Javornik B. Microsatellite marker for homozygosity testing of putative doubled haploids and characterization of Mimulus species derived by a cross-genera approach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2007;132(5):659–663.
125. Chani E., Veilleux R.E., Boluarte-Medina T. Improved androgenesis of interspecific potato and efficiency of SSR markers to identify homozygous regenerants. *Plant cell, tissue and organ culture*. 2000;60(2):101–112.
126. Keleş D., Pinar H., Ata A., Taşkın H., Yıldız S., Büyükalaca S. Effect of pepper types on obtaining spontaneous doubled haploid plants via anther culture. *HortScience*. 2015;50(11):1671–1676.
127. Nelson M.N., Mason A.S., Castello M.-C., Thomson L., Yan G., Cowling W.A. Microspore culture preferentially selects unreduced (2n) gametes from an interspecific hybrid of *Brassica napus* L. × *Brassica carinata* Braun. *Theoretical and applied genetics*. 2009;119(3):497–505.
128. Jankowicz-Cieslak J., Huynh O.A., Bado S., Matijević M., Till B.J. Reverse-genetics by tilling expands through the plant kingdom. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2011; 290–300.
129. Till B.J., Zerr T., Comai L., Henikoff S. A protocol for TILLING and Ecotilling in plants and animals. *Nature protocols*. 2006;1(5):2465–2477.
130. Till B.J., Jankowicz-Cieslak J., Sági L., Huynh O.A., Utsushi H., Swennen R., et al. Discovery of nucleotide polymorphisms in the Musa gene pool by Ecotilling. *Theoretical and applied genetics*. 2010;121(7):1381–1389.
131. Slade A.J., McGuire C., Loeffler D., Mullenberg J., Skinner W., Fazio G., et al. Development of high amylose wheat through TILLING. *BMC plant biology*. 2012;12(1):1–17.
132. Kurowska M., Daszkowska-Golec A., Gruszka D., Marzec M., Szurman M., Szarejko I., et al. TILLING—a shortcut in functional genomics. *Journal of applied genetics*. 2011;52(4):371–390.
133. Comai L., Young K., Till B.J., Reynolds S.H., Greene E.A., Codomo C.A., et al. Efficient discovery of DNA polymorphisms in natural populations by Ecotilling. *The Plant Journal*. 2004;37(5): 778–786.
134. Asadi A., Zebarjadi A., Abdollahi M.R., Seguí-Simarro J.M. Assessment of different anther culture approaches to produce doubled haploids in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 2018;214(11):216. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2297-x>
135. Danin-Poleg Y., Reis N., Tzuri G., Katzir N. Development and characterization of microsatellite markers in Cucumis. *Theoretical and Applied Genetics*. 2001;102(1):61–72.
136. Xiang C., Duan Y., Li H., Ma W., Huang S., Sui X., et al. A high-density EST-SSR-based genetic map and QTL analysis of dwarf trait in *Cucurbita pepo* L. *International journal of molecular sciences*. 2018;19(10):3140.
137. Zhu L., Zhu H., Li Y., Wang Y., Wu X., Li J., et al. Genome Wide Characterization, Comparative and Genetic Diversity Analysis of Simple Sequence Repeats in *Cucurbita* Species. *Horticulturae*. 2021;7(6):143.
138. Ravi M., Chan S.W.L. Haploid plants produced by centromere-mediated genome elimination. *Nature*. 2010;464(7288):615–618.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-27-33>
УДК 635.649:631.526.325:573.6

Е.А. Джос, Д.В. Шумилина,
О.Н. Пышная, М.И. Мамедов,
А.А. Байков, А.А. Матюкина

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Джос Е.А., Шумилина
Д.В., Пышная О.Н., Мамедов М.И., Байков
А.А., Матюкина А.А. Создание межвидового
гибрида *Capsicum annuum* L.
и *C. frutescens* L. с использованием
биотехнологических подходов. *Овощи
России*. 2021;(4):27-33.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-27-33>

Поступила в редакцию: 26.06.2021

Принята к печати: 03.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Elena A. Dzhos, Darya V. Shumilina,
Olga N. Pyshnaya, Mubaris I. Mamedov,
Alexey A. Baikov, Anna A. Matyukina

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Vegetable Center"
(FSBSI FSVC)
14, Selectsionnaya str., VNISSOK, Odintsovo dis-
trict, Moscow region, Russia, 143072

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

Authors' Contribution: All authors contributed
equally to the writing of the article.

For citations: Dzhos E.A., Shumilina D.V.,
Pyshnaya O.N., Mamedov M.I., Baikov A.A.,
Matyukina A.A. Creation of an interspecific
hybrid of *Capsicum annuum* L. and
C. frutescens L. using biotechnological
approaches. *Vegetable crops of Russia*.
2021;(4):27-33. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-27-33>

Received: 26.06.2021

Accepted for publication: 03.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Создание межвидового гибрида *Capsicum annuum* L. и *C. frutescens* L. с использованием биотехнологических подходов



Резюме

Актуальность. В последнее время вместе с возрастающей популярностью перца *C. annuum* L. увеличивается интерес и к другим видам этого рода, которые обладают рядом селекционно важных свойств. Важнейшим методом обогащения генофонда культурных растений является отдаленная гибридизация, посредством которой идет передача ценных признаков от диких видов к культурным. Создание нового сорта – длительный процесс, который растягивается во времени на несколько лет. В связи с этим перед селекционерами стала задача получить чистые линии для создания гибрида перца с заданными свойствами, применяя современные биотехнологические методы, которые ускорят этот процесс. Одним из них является метод культуры микроспор, позволяющий массово получать гаплоидные растения, что сокращает время создания константных родительских линий.

Материал и методика. Целью работы было создание межвидового гибрида острого перца (*C. annuum* L. x *C. frutescens* L.) с высокими декоративными свойствами, комплексом хозяйственно ценных признаков, с хорошими вкусовыми качествами. Исследования проводили в пленочной теплице ФГБНУ ФНЦО в Московской области. Материалом исследований явилась сортопопуляция острого перца *Capsicum frutescens* Cz-544-14, использованная в качестве отцовской линии, которая была гетерогенной и чистая линия *C. annuum* L. (Р6-551), созданная методом классической селекции.

Результаты. Гибрид перца острого F₁ Рождественский букет был создан в результате гибридизации видовых родительских форм, полученных различными методами (биотехнологическими и классическими). Для ускорения получения выровненной отцовской формы *C. frutescens* L. была использована технология удвоенных гаплоидов через культуру микроспор. В результате чего получены удвоенные гаплоидные растения, отвечающие запланированной модели (компактный низкий габитус, фиолетовая окраска плода в технической спелости и красная в биологической). Полученный гибрид сочетал все необходимые хозяйственные признаки: высокую декоративность, компактность, букетное расположение плодов, высокие вкусовые качества и аромат. Таким образом, использование в селекционном процессе отдаленной межвидовой гибридизации в сочетании с биотехнологическими подходами позволяет ускорить получение новых, форм перца острого, отвечающих запросам рынка.

Ключевые слова: перец острый, виды перца, гибридизация, чистая линия, удвоенные гаплоиды, биотехнологические методы, растения-регенеранты

Creation of an interspecific hybrid of *Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L. using biotechnological approaches

Abstract

Relevance. Pepper is a common crop both for fresh consumption and for the preparation of spices. Recently, along with the increasing popularity of *C. annuum* L. pepper, there is increasing interest in other species of this genus, which have a number of breeding and important properties. The most important method of enriching the gene pool of cultivated plants is distant hybridization, through which valuable traits are transferred from wild species to cultivated ones. The development of a new variety is a lengthy process, stretching over several years. In this regard, breeders have faced the challenge of obtaining pure lines to create a pepper hybrid with desired properties by applying modern biotechnological methods that will accelerate this process. One of them is the method of microspore culture, which allows mass production of haploid plants, reducing the time for creating constant parental lines.

Material and methods. The aim of the work was to create an interspecific hybrid of hot pepper (*C. annuum* L. x *C. frutescens* L.) with high ornamental properties, a complex of economically valuable traits, with good taste qualities. The research was carried out in the film greenhouse of FSBSI FSVC in the Moscow region. The research material was a variety population of hot pepper *Capsicum frutescens* Cz-544-14, used as a paternal line, which was heterogeneous, and a pure line of *C. annuum* L. (Pb-551) created by classical breeding.

Results. The pepper hybrid F₁ Christmas bouquet was created as a result of hybridization of species parental forms obtained by different methods (biotechnological and classical). To accelerate the production of an aligned paternal form of *C. frutescens* L., the technology of doubled haploids through microspore culture was used. As a result, doubled haploid plants meeting the planned model (compact low habit, purple fruit colouring in technical ripeness and red in biological ripeness) were obtained. The resulting hybrid combined all the necessary economic features: high ornamental, compactness, bouquet arrangement of fruits, high taste and aroma. Thus, the use of remote interspecific hybridization in the breeding process in combination with biotechnological approaches can accelerate the production of new forms of hot peppers that meet the demands of the market.

Keywords: hot pepper, pepper species, hybridization, pure line, doubled haploids, biotechnological methods, regenerant plants.

Введение

Перец является распространенной культурой, так как используется для потребления как в свежем виде, так и для приготовления специй. Род *Capsicum* происходит из тропической зоны Америки и включает в себя 38 видов, однако только 5 из них используют в сельском хозяйстве и выращивают для питания человека: *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruizet Pav., *C. baccatum* L. (var. *pendulum*) [1, 2]. В последнее время вместе с возрастающей популярностью перца *C. annuum* L. увеличивается интерес и к другим видам этого рода, которые обладают рядом селекционно важных свойств, спрос на новые сорта острого перца растет [3]. Важнейшим методом обогащения генофонда культурных растений является отдаленная гибридизация, посредством которой идет передача ценных признаков от диких видов к культурным. Она позволяет расширить спектр генетической изменчивости, а также дает возможность получения нетрадиционных форм с хозяйственно ценными признаками. К современным сортам предъявляют следующие требования: высокая товарность, качество плодов, декоративность, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды. *C. frutescens* L. – один из интересных видов перца, который приобретает популярность благодаря высокому качеству плодов, устойчивости к ряду заболеваний и разнообразию форм [4, 5]. Использование в селекции видов перца с устойчивостью к болезням, с высоким содержанием биологически активных веществ позволяет создавать продуктивные гибриды, которые не только обладают повышенной питательной ценностью, но и устойчивостью к болезням, что позволяет не применять пестициды в процессе выращивания [6, 7, 8]. Виды перца *C. frutescens* L. и *C. annuum* L. хорошо скрещиваются с образованием фертильных гибридов.

Первым этапом создания гибридов является получение чистых родительских линий. Современным методом быстрого получения чистых линий перца является культура пыльников и микроспор. Для перца гаплоидные растения впервые были получены в культуре пыльников рядом исследователей: Kuo, George, Narayanaswamy и Wang [9, 10, 11]. Дальнейшие изучения факторов, влияющих на эффективность образования эмбрионидов в культуре микроспор и пыльников, показали, что важными факторами является генотип донорного растения [12, 13, 14] и питательная среда. В частности, было показано, что результативным является культивирование пыльников и микроспор на двухслойной среде [15, 16]. Кроме того, было показано, что добавление мальтозы к питательной среде с сахарозой оказывает положительное влияние на эмбриогенез, а добавление к агаризованной части среды активированного угля положительно влияет на правильное развитие эмбрионидов [15, 16, 17, 18].

Целью нашей работы являлось создание межвидового гибрида перца острого с высокими декоративными свойствами и комплексом хозяйственно ценных признаков, в том числе с высоким содержанием биологически активных веществ. Для ускорения получения чистых родительских линий была применена культура микроспор.

Материал и методы

Исследования проводили в пленочной теплице ФГБНУ ФНЦО в московской области. Материалом исследований явилась гетерогенная сортопопуляция перца острого *C. frutescens* L. Сз-544-14 и чистая линия *C. annuum* L. (Р6-551), созданная методом классической селекции.

Получение удвоенных гаплоидов. Удвоенные гаплоидные (DH) растения *C. frutescens* Сз-544-14 регенерировали в соответствии с протоколом, описанным ранее [19], с некоторыми модификациями.

Донорные растения выращивали при температуре 24-25°C и фотопериоде 16 часов, освещенность 10 000 люкс.

Стерилизация бутонов. Бутоны стерилизовали 30 секунд в 96% этаноле, затем в течение 10-15 минут в 50% водном растворе коммерческого препарата «Белизна» с добавлением Твина-20 (1 капля на 100 мл раствора), затем многократно промывали в стерильной дистиллированной воде до исчезновения пены.

Выделение микроспор. Стерильные бутоны помещали в питательную среду Nitsch и Nitsch с добавлением 13% сахарозы (30 бутонов в 6 мл среды). В пробирку так же помещали стерильный магнит, после чего на магнитной мешалке проводили измельчение бутонов. Суспензию микроспор фильтровали через нейлоновый фильтр с размером ячеек 40 мкм и осаждали 5 мин на центрифуге типа 5804 R (Eppendorf) при 100 g. Осадок ресуспендировали в среде и повторяли центрифугирование. Промывку микроспор повторяли дважды.

Культивирование микроспор. После выделения и промывки микроспор культивирование их проводили на двухслойной среде Nitsch и Nitsch [20] с добавлением 13% сахарозы, 2% мальтозы, 30 мг/л глутатиона и с добавлением 1% активированного угля и 0,3% фитогеля в агаризованной части среды.

Получение растений-регенерантов. Появившиеся эмбриониды на стадии крупных глобул, а также сердцевидной или торпедовидной фазах своего развития, помещали в чашки Петри на среду В-5, содержащую 2% сахарозы, 0,5 г/л активированного угля, 0,1 мг/л гиббереллиновой кислоты и 3,0 г/л фитогеля, в стеклянных или пластиковых сосудах [21]. Для образования вторичных эмбрионидов экспланты переносили на среду 1/2 МСМ с 2% сахарозы, 0,1 мг/л БАП и 3,0 г/л фитогеля [22]. Дальнейшее культивирование проводили на стеллажах с люминесцентными лампами при 25°C и фотопериоде 14 часов, освещенности 2,5 тыс. люкс. Развившиеся проростки переносили на среду 1/2 МС с 2% сахарозы, 0,5 г/л активированного угля и 3,0 г/л фитогеля для получения семян [23]. Развившиеся укорененные растения переносили в сосуды с почвой для укоренения, первые 10 дней растения были прикрыты пластиковыми прозрачными стаканчиками для сохранения повышенной влажности воздуха и лучшей акклиматизации. Определение плоидности проводили по числу хромосом в меристематических клетках кончиков корешков или в мейотических клетках микроспор. Однако для большого числа растений эти исследования трудоемки. Поэтому использовали и косвенный метод определения плоидности по числу хлоропластов в замыкающих клетках устьиц листьев перца [24].

Гибридизация. Учитывая, что перец является факультативным самоопылителем, все скрещивания проводили с кастрацией в фазе хорошо развитых бутонов за день до раскрытия цветка. Пыльцу для опыления выбирали с бутонов непосредственно перед их раскрытием и до растрескивания пыльников [25; 26]. Межвидовую гибридизацию проводили путем опыления отцовской пыльцой кастрированных цветков материнских растений. Кастрацию проводили в фазе хорошо развитых бутонов. Опыление выполняли в день кастрации в утренние часы, с 6 до 11, свежесобранной пыльцой с последующей изоляцией опыленных цветков. Завязавшиеся на момент скрещивания плоды и раскрытые цветки удаляли. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения по фазам развития согласно методическим указаниям [27] и по методике UPOV [28]. Агротехника выращивания селекционного материала – общепринятая для условий Центральной Нечерноземной зоны России. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову [29] с использованием пакета прикладных программ MICROSOFT EXCEL 7,0.

Содержание пигментов определяли спектрофотометрическим методом. Хлорофиллы и каротиноиды экстрагировали 100%-ным ацетоном. Их концентрацию определяли по формулам Lichtenthaler [30] и Hornero-Mendez [31].

Результаты и их обсуждение

Для решения поставленной цели было проведено изучение различных видовых форм перца острого (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruizet Pav., *C. baccatum* L.) по морфологическим и хозяйственно ценным признакам: урожайность и содержание биологически активных веществ (БАВ).

Для создания гибрида были отобраны два образца – *C. frutescens* L. Сз-544-14 и *C. annuum* L. (Р6-551), анализ характеристик данных линий позволил предположить, что гибрид между данными линиями может обладать рядом преимуществ. Исходная популяция отцовской родительской линии *C. frutescens* L. Сз-544-14 была гетерогенной (табл. 1).

Классическими методами, на протяжении 5 лет, отбор форм с требуемыми характеристиками (Тип 1 – раннеспелые, детерминантного типа, компактные, высотой 25-30 см, с округлой формой плода, фиолетовой окраской в технической и красной – в биологической спелости) не был успешен, не удавалось достичь выравненности. В качестве донора для культуры микроспор использовали растения с фенотипом, соответствующим заданным характеристикам родительской формы. Для исключения попадания соматических клеток в инкубационную среду было проведено изолирование микроспор из пыльников и культивирование их на двухслойной питательной среде. Через 30 дней от

Таблица 1. Гетерогенность популяции *C. frutescens* L. Сз-544-14
Table 1. Heterogeneity of the population of *C. frutescens* L. Cz-544-14

Растения	Высота растения, см	Тип растения	Окраска листа	Цветок	Плод		
					форма	окраска	масса
Тип 1	25-30	детерминантное / компактное	фиолетовая	фиолетовый	округлая	красная	6-10
Тип 2	100-120	детерминантное / раскидистое	фиолетовая	белый с фиолетовой каймой	треугольная	красная	10-14
Тип 3	50-70	детерминантное / неопределенное	темно-зеленая с антоцианом	фиолетовый	сердцевидная	оранжевая	6-12

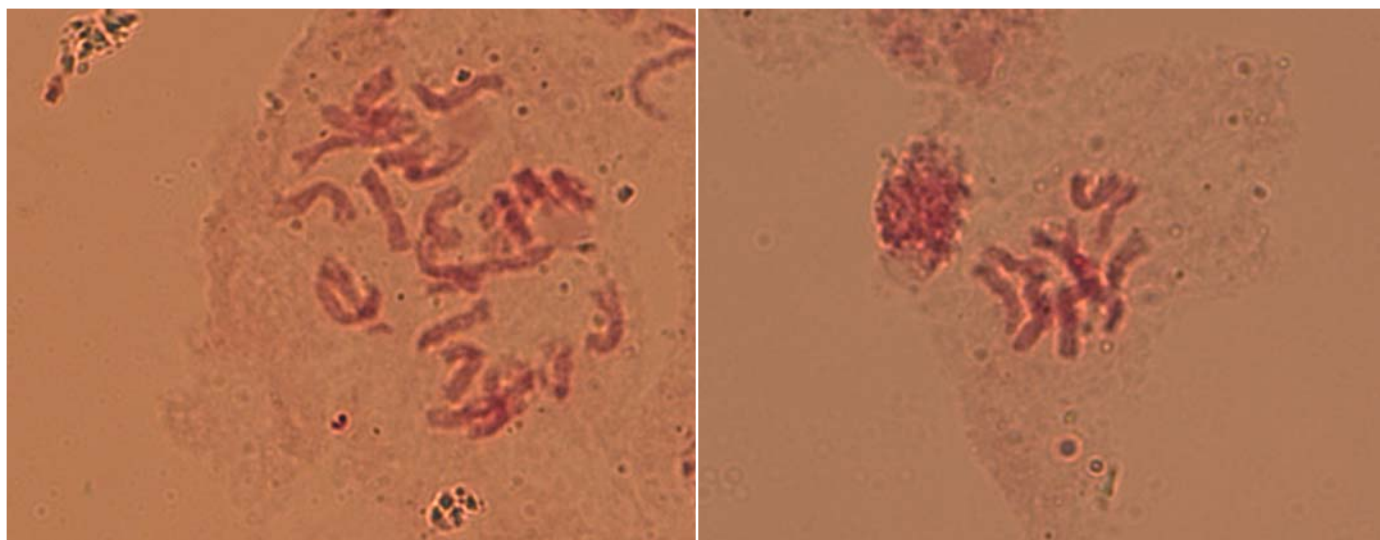


А



В

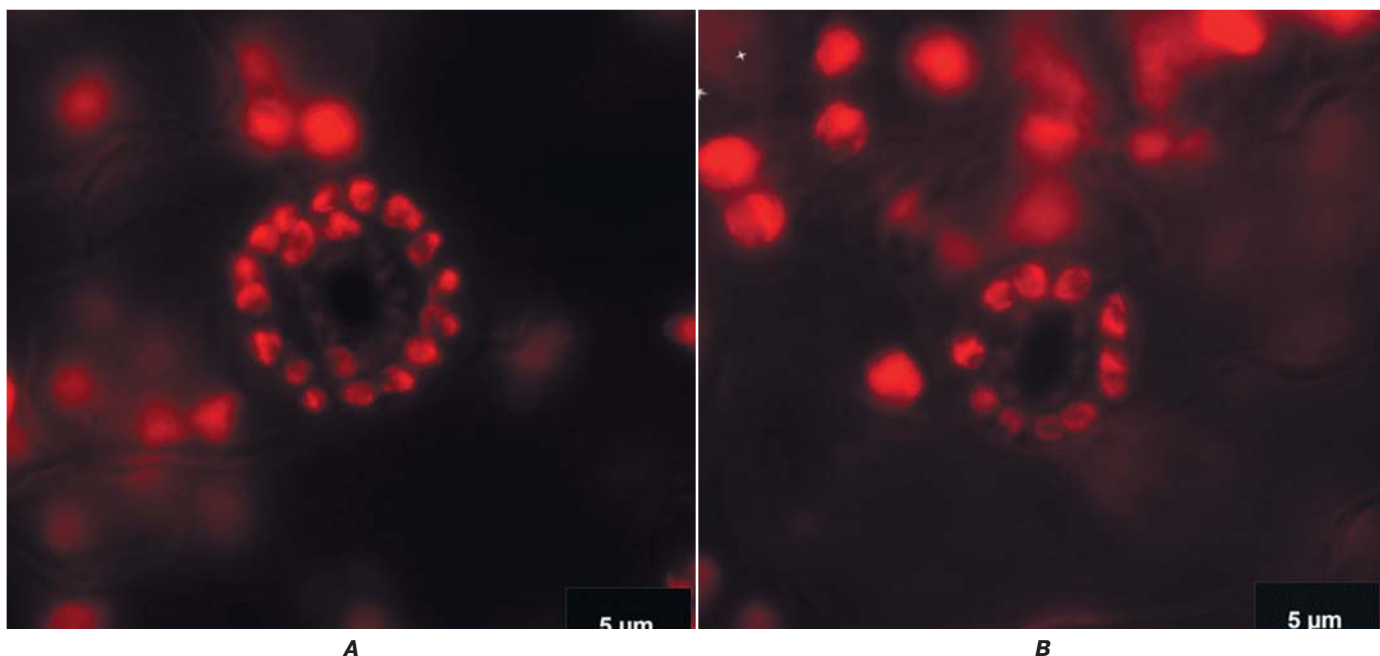
Рис. 1. Развитие эмбрионов и растений регенерантов в культуре микроспор *Capsicum frutescens* L. Сз-544-14 А – эмбрионид на сердцевидной стадии развития, образовавшийся спустя 30 суток после начала инкубирования микроспор, В – развитие растений-регенерантов из эмбрионидов, полученных в культуре микроспор
Fig. 1. Development of embryo and regenerant plants in microspore culture of *Capsicum frutescens* L. Cz-544-14 А – heart-shaped embryo formed 30 days after the start of microspore incubation, В – development of regenerant plants from embryo produced in microspore culture



Удвоенное гаплоидное растение $2n=24$

Гаплоидное растение $n=12$

Рис. 2. Цитологический анализ полученных из микроспор *C. frutescens* L. Cz-544-14 растений регенерантов
Fig. 2. Cytological analysis of *C. frutescens* L. Cz-544-14 of regenerant plants



A

B

Рис. 3. Определение числа хлоропластов в устьичных клетках листа: А – удвоенное гаплоидное растение, число хлоропластов в 2 замыкающих устьичных клетках 20-22 шт. В – гаплоидное растение, число хлоропластов в 2 замыкающих устьичных клетках 10-12 шт.

Fig. 3. Determination of the number of chloroplasts in stomatal cells of a leaf: A – Double haploid plant, number of chloroplasts in 2 closing stomatal cells 20-22 pcs. B – Haploid plant, number of chloroplasts in 2 terminal stomata cells 10-12

начала культивирования видимые глазом эмбриониды (фаза развития от глобулярной до сердцевидной) были перенесены для дальнейшего развития на плотную питательную среду.

Линия 1 – растение детерминантного типа, раскидистое, лист темно-зеленый со слабым антоцианом, плоды треугольной формы, пониклые, в технической спелости фиолетовый, в биологической спелости красный.

Линия 2 – растение детерминантного типа, полураскидистое, лист темно-зеленый с антоцианом, плод сердцевидной формы, в технической спелости фиолетовый, в биологической спелости оранжевый.

Линия 3 – растение детерминантного типа, раскидистое, лист темно-зеленый с антоцианом, плод округлой формы, в технической спелости фиолетовый, в биологической спелости темно желтый.

Линия 5 – растение детерминантного типа, сильно раскидистое, лист зеленый без антоциана, плод округ-

лой формы, в технической спелости сиреневый, в биологической спелости оранжевый.

Линия 6 – растение детерминантного типа, компактное, лист зеленый без антоциана, плод округлой формы, в технической спелости фиолетовый, в биологической спелости оранжевый.

Линия 7 – растение детерминантного типа, компактное, лист зеленый с сильным антоцианом, плод округлой формы, в технической спелости фиолетовый, в биологической спелости темно-красный.

Наибольший интерес для дальнейшей селекции представляла Dh-1 Линия № 4 (рис. 5). Dh-1 Л-№4 – среднеспелая линия (период от всходов до начала технической спелости плодов составляет 125 дней). Растение кустовое, штамбовое, компактное, высотой 25-30 см. Лист мелкий, фиолетовый. Плоды вверхторчащие, округлые, гладкие, глянцевые, в технической спелости – фиолетовые, в био-



Линия 1



Линия 2



Линия 3



Линия 5



Линия 6



Линия 7

Рис. 4. Гаплоидные растения *S. frutescens* L. в период плодоношения
 Fig. 4. Haploid plants of *S. frutescens* L. during the fruiting period



Рис. 5. *C. frutescens* L. (Cз-544-14) линия Dh 4
Fig. 5. *C. frutescens* L. (Sz-544-14) line Dh 4

логической спелости – красные. Толщина стенки плода 1,2 мм. Масса плода 8 г.

Отобранная линия *C. frutescens* L. (Cз-544-14) (Dh 4) была включена в гибридизацию с линией *C. annuum* L. (Pб-551) которая характеризуется супердетерминантным габитусом, высотой до 20-25 см, с характерными укороченными междоузлиями и цветками «букетного типа» обусловленными геном *fa* – пучковатость. Лист мелкий, ланцетовидный, зеленый. Цветок белый, плоды конусовидные, вверх торчащие, светло-зеленые в технической спелости, красные в биологической спелости. Длина плода 5,8 см, диаметр 0,5 см, средняя масса 2,0 г. (рис. 6).

В результате гибридизации был получен высокодекоративный гибрид перца острого со следующими характеристиками: растение компактное, низкое. Лист мелкий, тёмно-зелёный, морщинистый. Плоды направлены вверх, букетного типа, конусовидные, короткие, гладкие, глянцевые, окраска в технической спелости фиолетовая, в биологической – красная. Число гнезд - 3. Масса плода – 8 г, толщина стенки - 1,8-2 мм. Количество плодов до 120



Рис. 6. *C. annuum* L. (Pб-551)
Fig. 6. *C. annuum* L. (Pb-551)

штук на одном растении, длина плода 3,8 см, диаметр 1,2 см. Плоды имеют приятный вкус и сильный перечный аромат, острота – 5 баллов (по 10 бальной шкале). Урожайность плодов – 1,1-1,2 кг/м². Данный гибрид получил название F₁ Рождественский букет и был включен в Государственный реестр селекционных достижений для использования в качестве горшечной культуры, как для декоративных, так и для пищевых целей (рис. 7).

Следует отметить, что межвидовой гибрид F₁ Рождественский букет характеризуется высокими биохимическими показателями по сравнению с родительскими формами (табл. 2)

Анализ содержания красных и желтых пигментов в плодах свидетельствует о своеобразии количественного содержания каротиноидов каждого вида. Содержание красных и желтых пигментов определяет не только окраску плода, но и ее интенсивность в зависимости от их соотношения. Родительские образцы и гибридная комбинация перца имели красную окраску плодов в фазе биологической спелости, поэтому содержание красных пигментов было преобладающим, однако наибольшее количество отмечено у полученного гибрида F₁ (0,501±0,025). Сумма каротиноидов у созданного гибрида в 1,6-1,8 раза выше, чем у родительских форм. Как известно, среди овощных культур одно из лидирующих мест по содержанию витамина С занимает перец, и его содержание не зависит от окраски плода и видовой принадлежности. Содержание витамина С у межвидового гибрида F₁ Рождественский букет составляет 370±26 мг%, что в 1,2-2,5 раза выше по сравнению с родительскими компонентами.

Заключение

Гибрид перца острого F₁ Рождественский букет был создан в результате гибридизации видовых родительских форм, полученных различными методами (биотехнологическими и классическими). Для ускорения получения выровненной отцовской формы *C. frutescens* L. была использована технология удвоенных гаплоидов через культуру микроспор. В результате чего получены удвоенные гаплоидные растения,



Рис. 7. Гибрид перца острого F₁ Рождественский букет
Fig. 7. The F₁ pepper hybrid Christmas bouquet

Таблица 2. Содержание биохимических показателей в межвидовом гибриде и родительских формах
Table 2. Content of biochemical parameters in the interspecific hybrid and parental forms

Образец	Hornero-Mendez с соавт. [28]				Lichtenthaler [29]		Содержание витамина С, мг%
	Содержание каротиноидов, мг/г			Соотношение пигментов красные/ желтые	Хл а+в, мг/г	Σ каротиноидов, мг/г	
	желтые пигменты	красные пигменты	Σ красных и желтых пигментов				
<i>C. frutescens</i> L. (СЗ-544-14)	0,150±0,008	0,305±0,015	0,455±0,023	2,03±0,10	<0,003	0,498±0,025	150±10
<i>C. annuum</i> L. (Р6-551)	0,058±0,003	0,333±0,017	0,391±0,020	5,74±0,29	0,016±0,001	0,433±0,022	299±21
F1 Рождественский букет	0,243±0,012	0,501±0,025	0,744±0,037	2,06±0,10	0,007±0,001	0,821±0,041	370±26

отвечающие запланированной модели (компактный низкий габитус, фиолетовая окраска плода в технической спелости и красная – в биологической). Полученный гибрид сочетал все необходимые хозяйственные признаки: высокую декоративность, компактность, букетное расположение плодов, высокое

содержание БАВ, вкусовые качества и аромат. Таким образом, использование в селекционном процессе отдаленной межвидовой гибридизации в сочетании с биотехнологическими подходами позволяет ускорить получение новых, форм перца острого, отвечающих запросам рынка.

Об авторах:

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

Дарья Владимировна Шумилина – кандидат биол. наук, ст.н.с., da-sha2409@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1462-8486>

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

Алексей Алексеевич Байков – старший научный сотрудник

Анна Алексеевна Матюкина – старший научный сотрудник

About the authors:

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

Darya V. Shumilina – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, dasha2409@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1462-8486>

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

Mubaris I. Mamedov – Doc. Sci. (Agriculture)

Alexey A. Baikov – Senior Researcher

Anna A. Matyukina – Senior Researcher

• Литература / References

- Moscone E.A., Scaldaferrero M.A., Grabele M.A., Cecchini N.M., Sa'nchez G.Y., Jarret R., Davin'a J.R., Ducasse D.A., Barboza G.E., Ehrendorfer F. The evolution of chili peppers (Capsicum-Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Hort.* 2007;(745):137-170. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.745.5>
- Ibiza V.P., Blanca J., Can'tazares J., Nuez F. Taxonomy and genetic diversity of domesticated Capsicum species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop.* 2012;(59):1077-1088. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z>
- Carvalho S.I.C., C.F. Ragassi, Faleiro F.G., Buso G.S.C., Bianchetti L.B., Lima M.F., Re-ifschneider F.J.B. and Ribeiro C.S.C. Establishment of *Capsicum frutescens* core collections based on morphological and molecular descriptors and on virus incidence. *Genetics and Molecular Research.* 19(1):gmr18503:1-19.
- Sudre' C.P., Gonc'alves S.A., Rodrigues R., do Amaral Ju'nior A.T., Riva-Souza E.M., Bento S.C. Genetic variability in domesticated Capsicum spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics Mol Res.* 2010;9(1):283-94. <https://doi.org/10.4238/vol9-1gmr698>
- Henrique Kuhn Massot Padilha, Rosa Lia Barbieri, Crop Science Dept., Capão do Leão. Plant breeding of chili peppers (Capsicum, Solanaceae) – A review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 2016;10(15):148-154
- Silva S.A.M., Rodrigues R., Goncalves L.S.A., Sudre C.P., Bento C.S., Carmo M.G.F., Medeiros A.M. Resistance in *Capsicum* spp. to anthracnose affected by different stages of fruit development during pre- and post-harvest. *Tropical Plant Pathology.* 2014;39(4):335-341. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000400009>
- Ilo'dibia C.V., C.E. Ugwoke T.P., Egboka E.E. Akachukwu U.M. Chukwuma and B.O. Aziagba. Breeding Pepper for Enhanced Food Nutrients. *Asian Journal of Crop Science.* 2015;7(3):214-218. DOI: 10.3923/ajcs.2015.214.218
- Gémes Juhász A. and Sági Zs. Strategies in pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrid breeding. *Acta Hort.* 2020;(1282):441-446. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1282.66>
- Kuo J.S., Wang Y.Y., Chien N.F., et al. Investigation on the anther culture *in vitro* of *Nicotiana tabacum* L. and *Capsicum annuum* L. *Acta Bot. Sinica.* 1973;(15):43-47.
- George L. Narayanaswamy S. Haploid Capsicum through experimental androgenesis. *Protoplasma.* 1973;(78):467-470.
- Wang Y.Y., Sun C.S., Wang C.C., et al. The induction of the pollen plantlets of triticate and Capsicum annuum from anther culture. *Sci. Sinica.* 1973;(16):147-151.
- Kristiansen K., Andersen S.B. Effects of donor plant temperature, photoperiod, and age on anther culture response of *Capsicum annuum* L. *Euphytica.* 1993;(67):105-109.
- Mityko' J., Andra'sfalvy A., Csille'ry G., Fa'ri M. Anther culture response in different genotypes and F₁ hybrids of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Breed.* 1995;(114):78-80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1995.tb00764.x>
- Rodeva V., Koleva-Gudeva L., Grozeva S., Traikova F. Obtaining of haploids in anther culture of pepper *Capsicum annuum* L. and their including in the breeding process. *Goce Delchev Univ Stip Fac Agric Yearbook.* 2007;(7):7-17.
- Dolcet-Sanjuan R., Claveira E., Huerta A. Androgenesis in *Capsicum annuum* L. effects of carbohydrate and carbon dioxide enrichment. *J Am Soc HortSci.* 1997;(122):468-475. <https://doi.org/10.21273/JASHS.122.4.468>
- Gyulai G., G'emes'e J.A., S'agi Z.S., Venczel G., Pint'er P., Krist'of Z., T'or'ek O., Hészky L., Bottka S., Kriss J., Zatyk'o L. Doubled haploid development and PCR-analysis of F₁ hybrid-derived DH-R2 paprika (*Capsicum annuum* L.) lines. *J Plant Physiol.* 2000;(156):168-174.
- Supena E.D.J., Muswita W., Suharsono S., Custers J.B.M. Evaluation of crucial factors for implementing shedmicrospore culture of Indonesian hot pepper

(*Capsicum annuum* L.) cul-tivars. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2006b;(107):226-232. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.08.006>

18. Parra-Vega V., Renau-Morata B., Sifres A., Seguí-Simarro J.M. Stress treatments and *in vitro* culture conditions influence microspore embryogenesis and growth of callus from anther walls of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Cell Tiss Org Cult.* 2013;(112):353-360. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0242-6>

19. Пышная О.Н., Шумилина Д.В., Супрунова Т.П. Получение удвоенных гаплоидных линий перца (*Capsicum annuum* L.) через культуры пыльников/микроспор *in vitro*: Методические рекомендации. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии, 2012. 36 с. ISBN 9785901695555 [Pyshnaya O.N., Shumilina D.V., Suprunova T.P. Obtaining doubled haploid lines of pepper (*Capsicum annuum* L.) through *in vitro* anther/microspore cultures: Guidelines. Moscow, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production, Russian Acad-emy of Agricultural Sciences Publ. 2012. 36 p. (In Russ.)]

20. Nitsch J.P., Nitsch C. Haploid plants from pollen grains. *Science.* 1969;(163):85-85.

21. Gomborg O., Eveleigh D. Culture methods and detection of glucanases in suspension cultures of wheat and barley. *Canadian Journal of Biochemistry.* 1968. <https://doi.org/10.1139/o68-063>

22. Masuda K., Kikuta Y., Okazawa Y. A revision of the medium for somatic embryogenesis in carrot suspension culture. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University.* 1981;60(3):183-193.

23. Murashige S., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant.* 1962;(15):473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

24. Shumilina D., Koryukhin D., Dombldes E., Soldatenko A., Artemyeva A. Effects of Genotype and Culture Conditions on Microspore Embryogenesis and Plant Regeneration in *Brassica rapa* ssp. *rapa* L. Plants. 2020; 9(2):278. <https://doi.org/10.3390/plants9020278>

25. Алпат'ев А.В. Перец и баклажаны. М., 1952. 80 с. [Alpatiev A.V. Peppers and aubergines. Moscow, 1952. 80 p. (In Russ.)]

26. Кружилин А.С., Шведская З.М. Помидоры, перцы, баклажаны. Биология и агротехника. М.: Россельхозиздат, 1972. 144 с. [Kruzhilin A.S., Shvedskaya Z.M. Tomatoes, pep-pers and aubergines. Biology and farming techniques. Moscow, Rosselkhozizdat Publ. 1972. 144 p. (In Russ.)]

27. Мамедов М.И., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н. Селекция томата, перца и баклажана на адаптивность. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии, 2002. 441 с. [Mamedov M.I., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N.. Selection of tomato, pepper and eggplant for adaptability. Moscow, All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production, Russian Academy of Agricultural Sciences Publ. 2002. 441 p. (In Russ.)]

28. Официальный сайт Госсортокмиссии. Режим доступа: <http://gossort.com/22-metodiki-ispytaniy-na-oos.html> [Official website of the Gossort Commission. Available from: <http://gossort.com/22-metodiki-ispytaniy-na-oos.html>. [Accessed 15th July 2021]]

29. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1975. 315 с. [Dospikhov B.A. Methodology for the field experience. Moscow, Agropromizdat. 1975. 315 p. (In Russ.)]

30. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterisation by UV-VIS. Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA), (Supplement 1), F4.3.1 - F 4.3.8 (2001) (John Wiley, New York). DOI: 10.1002/0471142913.faf0403s01

31. Hornero-Mendez D., Minguez-Mosquera M.I. Rapid spectrophotometric determination of red and yellow isochromic fractions in paprika and red pepper oleoresins. *J. Agric. Food Chem.* 2001;(49):3584-3588. DOI: 10.1021/jf010400l

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41>
УДК 635.64:631.524.86:632.38

О.Л. Горун, Е.В. Дубина, И.В. Козлова,
И.В. Баясний, С.В. Гаркуша

ФГБНУ "ФНЦ риса"
Россия, г. Краснодар, п. Белозерный, 3

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке гранта Унитарной некоммерческой организации «Кубанский Научный Фонд» №МФИ-П-20.1/1 «Разработка и реализация генетико-селекционных подходов для получения нового селекционного материала томата на основе ФМС с повышенной устойчивостью к биотическим стрессорам для юга России».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи (Горун О.Л., Козлова И.В. – 30%, Дубина Е.В. – 20%, Баясний И.В., Гаркуша С.В. – 10%).

Для цитирования: Горун О.Л., Дубина Е.В., Козлова И.В., Баясний И.В., Гаркуша С.В. ДНК-технологии (молекулярное маркирование) в селекции томата на устойчивость к *Tobacco Mosaic Virus*. *Овощи России*. 2021;(4):34-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41>

Поступила в редакцию: 09.07.2021
Принята к печати: 09.08.2021
Опубликована: 25.08.2021

Olesya L. Gorun, Elena V. Dubina,
Irina V. Kozlova, Ivan V. Balyasny,
Sergey V. Garkusha

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

Acknowledgements. The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project №ИФР-П-20.1/1 «Development and implementation of genetic selection approaches for obtaining a new tomato breeding material based on FMS with increased resistance to biotic stressors for the south of Russia».

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

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article (Gorun O.L., Kozlova I.V. – 30%, Dubina E.V. – 20%, Balyasny I.V., Garkusha S.V. – 10%)

For citations: Gorun O.L., Dubina E.V., Kozlova I.V., Balyasny I.V., Garkusha S.V. DNA technologies (molecular marking) in tomato breeding for resistance to *Tobacco Mosaic Virus*. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):34-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-34-41>

Received: 09.07.2021
Accepted for publication: 09.08.2021
Accepted: 25.08.2021

ДНК-технологии (молекулярное маркирование) в селекции томата на устойчивость к *Tobacco Mosaic Virus*



Резюме

Актуальность. Целью данной работы является создание на основе современных биотехнологических подходов (молекулярное маркирование) новых конкурентоспособных генотипов томата с повышенной устойчивостью к вирусу табачной мозаики, хозяйственно-ценными признаками и адаптированных к почвенно-климатическим условиям выращивания в южных регионах РФ.

Материал и методика. На первом этапе исследования выполнена апробация SSR-маркеров, взятых из литературных источников [1;2] и оптимизированы условия ПЦР для идентификации целевых генов Tm (Tm2a, Tm2², обеспечивающих устойчивость к вирусу табачной мозаики на тканевом уровне) в селекционном материале, имеющемся в отделе овощекртофелеводства.

Результаты. Отобрано два информативных молекулярных маркера Tms 37 и UMD 2060, которые выявляют аллельную разницу между устойчивыми и восприимчивыми образцами. Проведена гибридизация ФМС-линий томата с образцами, имеющими в генотипе искомые гены интереса для получения резистентных к ВТМ линий томата. Получены семена отцовских форм – доноров целевых генов для дальнейшего их использования в селекционной работе. Научная новизна заключается в изучении дискретного генетического материала *Solanum lycopersicum*, используемого в селекционном процессе и сохраняющего свои функции в новом генетическом окружении.

Ключевые слова: селекция, томат, ВТМ, SSR-маркеры, ПЦР

DNA technologies (molecular marking) in tomato breeding for resistance to *Tobacco Mosaic Virus*

Abstract

Relevance. The purpose of this work is to create new discrete competitive tomato genotypes based on modern biotechnological approaches with increased resistance to the tobacco mosaic virus, economically valuable traits and adapted to the soil and climatic conditions of cultivation in the southern regions of the Russian Federation.

Methods. At the first stage of the study, SSR markers taken from literature sources were tested [1;2] and PCR conditions were optimized for the identification of target Tm genes (Tm2a, Tm2², providing resistance to tobacco mosaic virus at the tissue level) in the breeding material available in the department of vegetable and potato growing.

Results. Two informative molecular markers Tms 37 and UMD 2060 were selected, which reveal the allelic difference between resistant and susceptible samples. Hybridization of FMS tomato lines with samples having the desired genes of interest in the genotype for obtaining tomato lines resistant to TMV was carried out. Seeds of paternal forms - donors of target genes were obtained for their further use in breeding work. The scientific novelty lies in the study of the discrete genetic material of *Solanum lycopersicum*, used in the breeding process, and preserving its functions in a new genetic environment.

Keywords: selection, tomatoes, TMV, SSR markers, PCR.

Введение

Основной целью в стратегии развития сельского хозяйства является обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации. Овощеводство – одна из важных и перспективных отраслей в Краснодарском крае. В связи с политическими и экономическими процессами в мире в минувшие пять-семь лет, введением экономических санкций и пр. в регионе реализуется программа по импортозамещению в сфере производства сельскохозяйственной продукции, в том числе и для овощеводства. В настоящее время разработана подпрограмма «Развитие селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае» на период с 2016-2021 годы, целью которой является создание на территории Краснодарского края оптимальных условий для развития селекции и производства конкурентоспособных отечественных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, адаптированных к местным условиям, и развития собственного конкурентоспособного рынка семян сельскохозяйственных культур. Для эффективного импортозамещения, необходимо обеспечить товаропроизводителей посевным материалом отечественных сортов и гибридов томата не менее, чем на 80%.

Томат – одна из самых распространенных овощных культур в Краснодарском крае. Исключительная ценность его плодов заключается в том, что они содержат очень важные витамины, органические кислоты, минеральные соли, необходимые для лучшего обмена веществ и сохранения трудоспособности человека [1, 2].

Наряду с развитием технологий, создание новых сортов и гибридов томата, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков и устойчивостью к болезням являются обязательным условием для повышения экономической эффективности отрасли. К сожалению, на настоящий момент значительная часть семенного материала томатов импортируется. В связи с этим возрастает необходимость развития отечественной селекции и семеноводства данной культуры. Очевидно, что для повышения эффективности селекционного процесса и процесса семеноводства необходимо комплексное изучение имеющихся генетических ресурсов, в том числе и с использованием современных методов молекулярно-генетического анализа и внедрение таких методов в процесс селекции для ее ускорения. При этом, использование в качестве ключевого селекционного «инструмента» методов молекулярно-генетической идентификации целевых генов, детерминирующих хозяйственно-ценные признаки, даст возможность выполнения программ по созданию сортов и гибридов с комплексной устойчивостью к болезням за счет пирамидирования нескольких генов устойчивости (объединение в одном генотипе), что является труднодостижимым при использовании классического фитопатологического тестирования [3, 4, 5].

Одним из самых распространенных вирусных заболеваний томата является вирус табачной мозаики (ВТМ). При заражении ВТМ потери урожая

достигают более 50%. Заболевание характеризуется появлением мозаичной окраски листьев, стеблей и плодов с последующей их деформацией и увяданием. Реакция растения томата на заражение вирусом зависит не только от генетики хозяина (наличия или отсутствия генов Тм), но и от генотипа вируса. ВТМ передается механически и насекомыми.

Есть три доминантных гена 2-х типов устойчивости к вирусу: Тм-1, Тм-2 и Тм-2а. Тм-1, локализованный на хромосоме 5, обеспечивает устойчивость томата к ВТМ на клеточном уровне и не дает полной устойчивости. Ген Тм-2а обеспечивает большую устойчивость к различным штаммам вируса. Гены Тм-2 и Тм-2², локализованные на хромосоме 9, придают устойчивость на тканевом уровне – блокируют передвижение вируса от клетки к клетке, а также вызывают реакцию гиперчувствительности [6, 7].

Заболевание вызывается вирусом, относящимся к группе Tobamovirus. Типичным представителем этой группы является вирус табачной мозаики (*Tobacco mosaic virus* – ТМВ). В прошлом к нему относились и специализированные штаммы, которые повреждают томат. В настоящее время он рассматривается как самостоятельный вирус мозаики томата (*Tomato mosaic virus* – ТМВ). Установлены две расы ТМВ-0 и 1. Вирион этого вируса – палочковидный. Он обладает высокой термоустойчивостью и инактивируется при нагревании до 93°C в течение 10 мин [8].

Цель работы – создать на основе современных биотехнологических подходов (молекулярное маркирование) новые дискретные конкурентоспособные генотипы томата с повышенной устойчивостью к вирусу табачной мозаики, хозяйственно-ценными признаками и адаптированные к почвенно-климатическим условиям выращивания в южных регионах РФ.

Задачи исследования:

1. Провести скрининг имеющегося селекционного материала томата в отделе овощекртофелеводства и выделить генотипы по комплексу хозяйственно ценных признаков и устойчивости к вирусным болезням. Подобрать родительские формы для гибридизации.

2. Выполнить апробацию SSR-маркеров в количестве не менее 10. Оптимизировать условия ПЦР (экспериментальные параметры) и электрофореза для идентификации целевых генов Тм (устойчивости к вирусу табачной мозаики) в селекционном материале и выполнить ДНК-маркерный скрининг на выборке не менее, чем 50 образцов.

3. Провести гибридизацию ФМС-линий томата с образцами, обладающими устойчивостью к генам интереса для получения ФМС-линий с генами резистентности к ВТМ.

4. Получить семена отцовских форм – доноров целевых генов для дальнейшего их использования в селекционной работе.

5. При использовании камеры искусственного климата получить F₂-поколение ФМС-линий с генами устойчивости Тм.

Методы

Создание исходного материала томата, устойчивого к вирусу табачной мозаики нового поколения с заданными характеристиками, предполагает серию скрещиваний ФМС-линий типа Врбычанский низкий (ps-2) с донорами устойчивости к ВТМ и дальнейшим отбором в F₂ стерильных форм, обладающих заданными параметрами. В семеноводстве гетерозисных гибридов томата использование линий с признаком функциональной мужской стерильности (ФМС) в качестве материнских компонентов является перспективным способом получения дешевых семян. Этот метод позволяет обеспечить 100% гибридность производимых семян, сократить время на их производство и снизить затраты труда на опыление и маркировку цветов примерно вдвое. Для закрепления признака устойчивости к ВТМ проводится беккроссные скрещивания.

Гибридизацию донорных и реципиентных форм томата проводится путём кастрации материнских растений и опыление путём нанесения пыльцы рекуррента на рыльце пестика реципиента [9].

Для молекулярно-генетического исследования ДНК из анализируемых образцов выделяется из свежесрезанной части листовой пластинки растений томата на стадии 4-5 листьев методом СТАВ с модификациями [10].

Экстракция ДНК проводится буфером следующего состава: 1М Tris-HCl (pH 7.5), 5М NaCl, 0.5М EDTA (pH 8.0), 10% SDS. Часть листа (2-3 см) растирали в 500 мкл экстрагирующего буфера в пластиковой пробирке объемом 1,5 мл.

Образцы инкубируются при 60°C в течение 31 часа. Затем охлаждаются до комнатной температуры. Супернатант отделяется центрифугированием при 12000 об/мин. К перенесенной в чистую пробирку верхней фазе добавляется 500 мкл лизопропанола и оставляется на 10 минут, предварительно перемешав. После этого образцы центрифугируются 5 минут при 12000 об/мин. Полученный осадок промывается 300 мкл 70% этанола, высушивается и

растворяется в 50 мкл 0,1*ТЕ. В ПЦР смесь добавляется по 3 мкл раствора ДНК, выделенного данным методом [11].

ПЦР проводится по следующему разработанному протоколу:

1) Состав реакционной смеси: 0,05 мМ дезоксирибонуклеозидфосфатов (dNTPs), по 0,3 мМ каждого праймера, 25 мМ KCL, 60 мМ Tris-HCL (pH 8,5), 0,1% Тритон X-100, 10 мМ 2-меркаптоэтанола, 1,5 мМ MgCL₂, 1 единица Taq-полимеразы с 40-50 нг ДНК в конечном объеме 25 мкл [12].

2) Условия ДНК-амплификации: начальная денатурация ДНК при 94°C – 4 минуты, следующие 45 циклов: 30 сек – денатурация при 94°C; 30 сек – отжиг праймеров при T_oC, указанной в таблице 1; 30 сек – элонгация при 72°C; последний цикл синтеза 7 минут при 72°C. Для ДНК-анализа применяются нейтральные кодоминантные микросателлитные маркеры, взятые из литературных источников [12, 13] и базы данных на сайте <https://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/VegMarks/app/page/home>, разработанные для оценки уровня полиморфизма у растений *Solanum lycopersicum*. Специфичные праймеры, использованные в исследованиях (табл.1), синтезированы фирмой ЗАО «Синтол» (г. Москва).

ДНК-амплификация проводится на амплификаторах «Терцик» («ДНК-технология», г. Москва) и «BioRad» (производства Германия).

3) Разделение продуктов реакции амплификации проводится методом электрофореза в 2%-ном агарозном геле.

4) Визуализация результата электрофоретического разделения продуктов ПЦР проводится в УФ-свете и фотографируется.

Результаты исследований

ДНК-скрининг селекционного материала с использованием высокоинформативных SSR- маркеров сопутствует селекционной схеме для прицельного отбора генотипов, несущих максимальное

Таблица 1. Нуклеотидная последовательность праймеров для идентификации генов устойчивости Tm-2 [12, 13]
Table 1. Nucleotide sequence of primers for identification of Tm-2 resistance genes [12, 13]

Маркер	Сиквенс праймеров		Т отжига, °C
	F-праймер 5'-3'	R-праймер 5'-3'	
UMD- 1958	tccgtgttctgtcaatcca	cctcccaaaaaagacaaa	60
UMD -2060	ttccctggatcatctgtcact	acagctgtgtgtgtgctgtg	60
UMD- 2781	ttctccttaccctgccttt	ttggcattcaatcaacaagaa	60
UMD-88	ggtaatgatggcttgggtcctcc	tctgttgatgattctgttgcgacg	65
Tms 22	tgttggttgagaaactccc	aggcatttaaccaatagtagc	55
Tms 9	ttggttaattatgtcgga	ttgagccaattgattataagtt	55
Ssr 63	ccacaacaattccatctca	gctccgccatctgatacg	55
Leef 1Aa	aaataattagcttccaattg	ctgaaagcagcaacagtattt	55
Tms 37	acaaactcaagataagtaagagc	gtgaattgtgttttaacatgg	55
Est 253712	gaaatgaagctctgacatcaa	tcattgttgcatagttcatg	55



Рис. 1. Визуализация продуктов ПЦР по локусу LEMDDNa в 2%-ном агарозном геле.
Примечание: Mm – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 1-4 – неустойчивые формы к BTM; 5-8 – устойчивые линии
Fig. 1. Visualization of PCR products by the LEMDDNa locus in a 2% agarose gel.
Note: Mm is a marker of the molecular weight of 100 bp+1.5 Kb (supplier – comp. Sintol, Russia); 1-4 – unstable forms for BTM; 5-8 – stable lines

число ценных аллелей. В итоге в разы сокращается время, необходимое для вывода на рынок конкурентоспособных селекционных продуктов, вследствие чего снижается себестоимость их производства, что непременно сказывается на цене посевной единицы при их коммерциализации.

Для изучения уровня полиморфизма микросателлитных локусов между устойчивыми и неустойчивыми формами томата, используемыми в качестве родительских форм в селекционной работе, нами апробированы SSR маркеры, взятые из литературных источников и базы данных на сайте <https://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/VegMarks/app/page/home> [12, 13, 15].

Отбор маркеров, пригодных для оценки полиморфизма ДНК сортов томата, отличающихся по устойчивости к BTM, проводился на материале, имеющемся в коллекции ФГБНУ «ФНЦ риса».

Некоторые результаты оценки уровня полиморфизма использованных в работе SSR-маркеров между контрастными (устойчивыми/неустойчивыми) фермами томата представлены на рисунках 1-5.

Из рисунка 1 видно, что по данному локусу неустойчивый образец под №3 имеет идентичный ДНК-профиль с устойчивым образцом №7; неустойчивый образец №4 имеет ПЦР-продукт, аналогичный устойчивому образцу №8; ДНК-профили устойчивых образцов № 5 и 6 также отличаются между собой, т.е. нет единообразия ДНК-профилей как у устойчивых образцов между собой, так и у неустойчивых, поэтому данный маркер является не информативным и не эффективным для использования его при идентификации донорных аллелей целевого гена *Tm2a*. Размеры ожидаемых целевых фрагментов – 229 и полученных – 220 и 280.

Рисунок 2 демонстрирует результаты амплификации между контрастными образцами по локусам *Est 253712* и *Leef1Aa*. Как видно, полиморфизм между анализируемыми контрастными образцами по локусу *Est 253712* не выявлен. По локусу *Leef1Aa* из анализируемых неустойчивых образцов идентичный ДНК-профиль имеют только №1 и 4; из устойчивых: № 6, 7, и 8. Таким образом, данные маркеры также не пригодны для визуализации донорных аллелей целевого гена. Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера *Est 253712* – 147 и полученных – 125 и 140. Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера *Leef1Aa* – 203 и полученных – 209.

На рисунке 3 видно, что полиморфизм между анализируемыми устойчивыми и неустойчивыми образцами по локусу *Ssr63* не выявлен. По локусу *Tms 37* четко выявлена аллельная разница между восприимчивыми и резистентными формами тома-

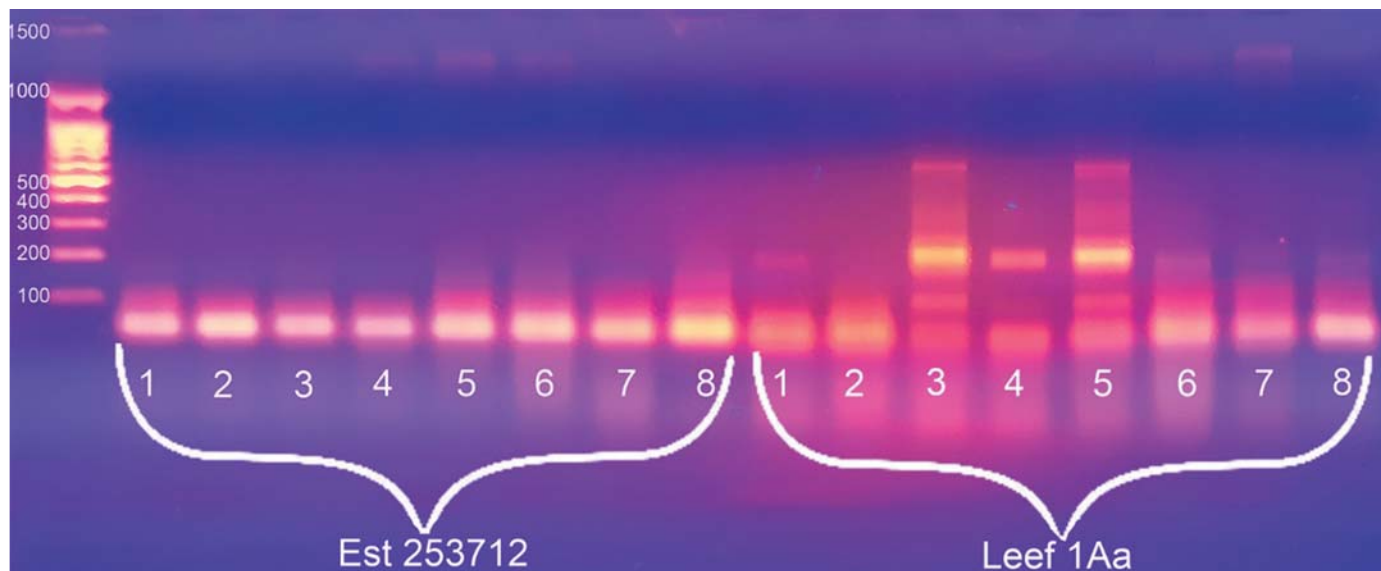


Рис. 2. Визуализация продуктов ПЦР по локусам Est 253712 и Leef1Aa в 2%-ном агарозном геле.
Примечание: Mm – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 1-4 – неустойчивые формы к BTM; 5-8 – устойчивые линии
Fig.2. Visualization of PCR products by Est 253712 and Leef1Aa loci in a 2% agarose gel.
Note: Mm is a marker of the molecular weight of 100 bp+1.5 Kb (supplier – comp. Sintol, Russia); 1-4 – unstable forms for BTM; 5-8 – stable lines

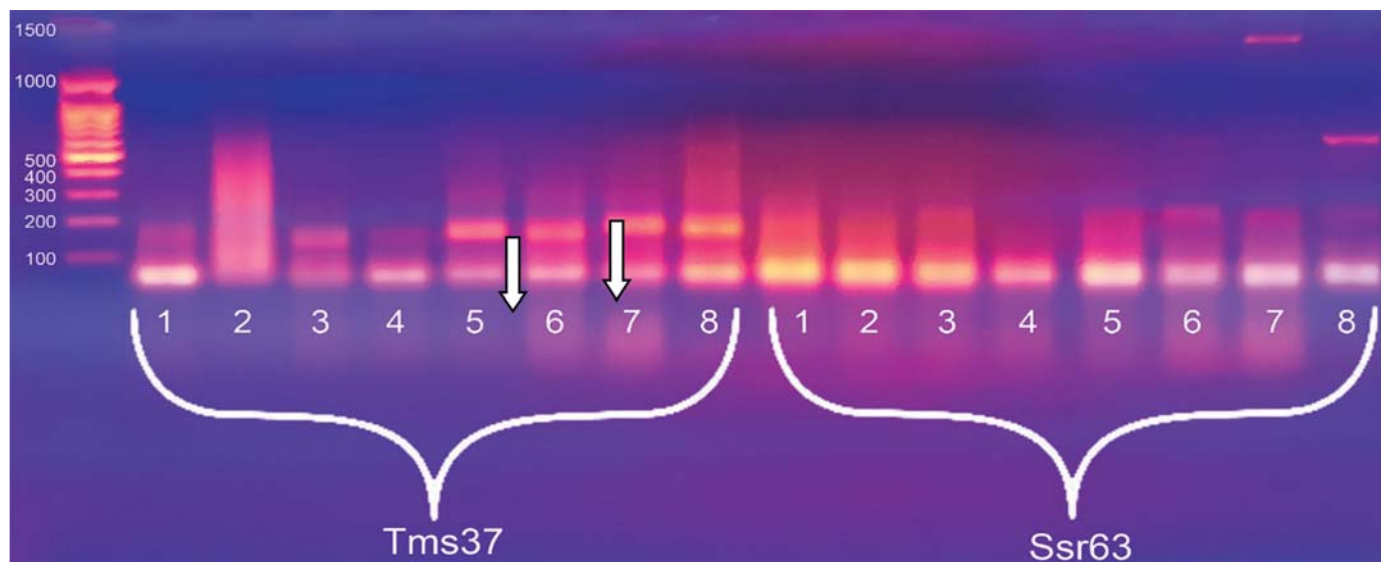


Рис. 3. Визуализация продуктов ПЦР по локусам Tms37 и Ssr63 в 2%-ном агарозном геле.
 Примечание: Mm - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия);
 1-4 – неустойчивые формы к BTM; 5-8 – устойчивые линии
Fig. 3. Visualization of PCR products by Tms37 and Ssr63 loci in a 2% agarose gel.
 Note: Mm is a marker of the molecular weight of 100 bp+1.5 Kb (supplier – comp. Sintol, Russia);
 1-4 – unstable forms for VTМ; 5-8 – stable lines

та. Агарозный гель, в котором проводилась визуализация продуктов ПЦР, хоть и является удобным с технической точки зрения, но иногда может не показывать какие-либо минорные компоненты, выявляющие аллельную разницу между контрастными сортами, а при выборе маркерной системы они могут быть полезными в данном направлении, поэтому мы дополнительно провели визуализацию по данным маркерам и в 8%-ном полиакриламидном геле (рис. 5, 6, 7). Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера Ssr63 – 208 и полученных – 210. Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера Tms 37 – 191 и полученных – 195.

Рисунок 4 демонстрирует результаты амплификации между контрастными образцами по локусам

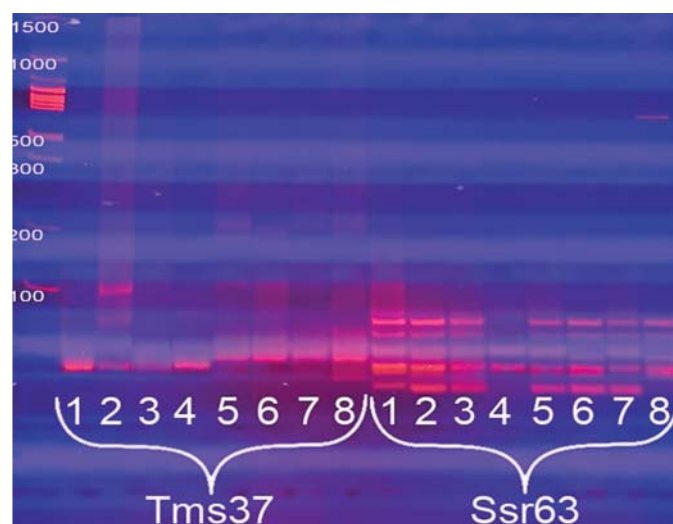


Рис. 5. Визуализация продуктов ПЦР по локусам Tms37 и Ssr63 в 8%-ном ПААГ.
 Примечание: Mm - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 1-4 – неустойчивые формы к BTM; 5-8 – устойчивые линии
Fig. 5. Visualization of PCR products by Tms37 and Ssr63 loci in 8% PAAG.
 Note: Mm is a marker of the molecular weight of 100 bp+1.5 Kb (supplier – comp. Sintol, Russia);
 1-4 – unstable forms for VTМ; 5-8 – stable lines

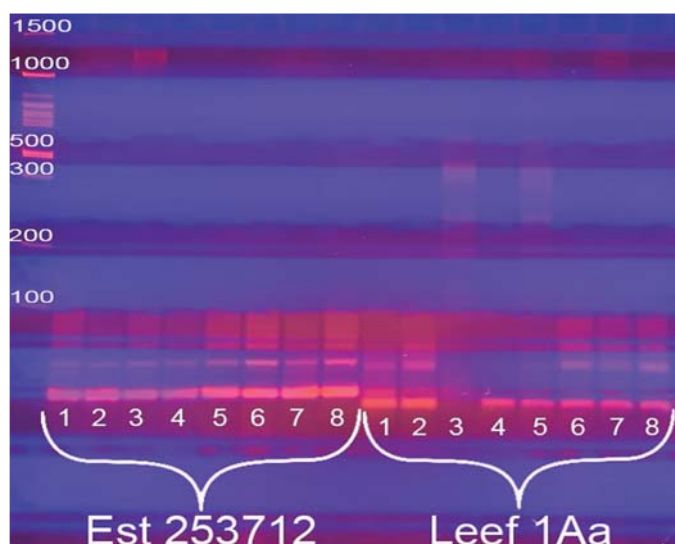


Рис. 4. Визуализация продуктов ПЦР по локусам Est 253712 и Leef1Aa в 8%-ном ПААГ.
 Примечание: Mm - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия);
 1-4 – неустойчивые формы к BTM; 5-8 – устойчивые линии
Fig. 4. Visualization of PCR products by Est 253712 and Leef1Aa loci in 8% PAAG.
 Note: Mm is a marker of the molecular weight of 100 bp+1.5 Kb (supplier – comp. Sintol, Russia);
 1-4 – unstable forms for VTМ; 5-8 – stable lines

Est 253712 и Leef1Aa. Как видно, полиморфизм между анализируемыми образцами по локусу Est 253712 также не выявлен. По локусу Leef1Aa из анализируемых неустойчивых образцов идентичный ДНК-профиль имеют только №1 и 2; из устойчивых: № 6, 7, и 8. Таким образом, данные маркеры также не пригодны для визуализации донорных аллелей целевого гена.

На рисунке 5 показаны результаты визуализации продуктов ПЦР в полиакриламидном геле. На фореграмме видно, что полиморфизм между анализируемыми устойчивыми и неустойчивыми образцами по локусу Ssr63 также отсутствует. Отличие по группам (неустойчивые/устойчивые) показали образцы № 4 и 8. По локусу Tms 37 четко выявлена аллельная разница между восприимчивыми и резистентными формами томата.

Создание и вовлечение линий с функциональной мужской стерильностью (генетически чистые гомозиготные материнские формы) с заданными параметрами устойчивости к болезням и адаптивностью к условиям выращивания в процесс гибридизации позволяет создавать высокопродуктивные гетерозисные гибриды, способные конкурировать с зарубежными и отечественными аналогами. С этой целью в задачу любого селекционера входит правильно и эффективно подобрать родительские пары. Для этого мы на основе метода ПЦР с использованием отобранного информативного молекулярного маркера UMD 2060 провели анализ ДНК всех материнских (24 образца) и отцовских (69 образцов) форм – претендентов для гибридизации, с целью выбрать те образцы, которые по ДНК-профилю имели донорный аллель целевого гена *Tm2a*.

Некоторые результаты представлены на рисунках 6-10.

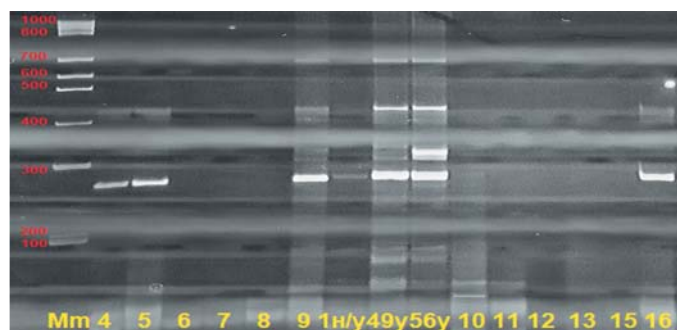


Рис. 6. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК по локусу UMD 2060 в 8%-ном ПААГ.
Примечание: Мм – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Хеликон, Россия); 4...16 – анализируемые материнские растения, 1 – неустойчивая форма; 49 и 56 – донор устойчивости к BTM
Fig. 6. Electrophoregram of genomic DNA amplification products at the UMD 2060 locus in 8% PAAG. Note: Mm is a molecular weight marker 100 bp+1,5 Kb (supplier – comp. Helicon, Russia); 4 ... 16 – analyzed mother plants, 1 – unstable form; 49 and 56 – donor of resistance to TMV

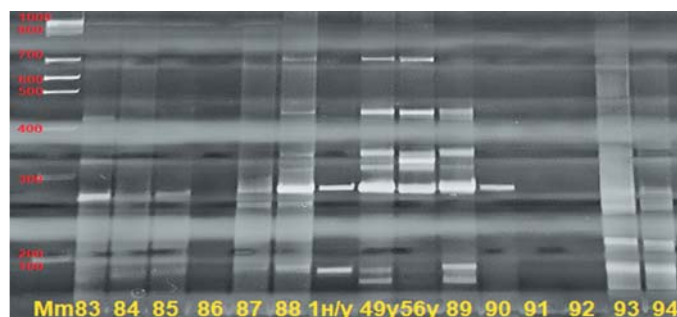


Рис. 7. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК по локусу UMD 2060 в 8%-ном ПААГ.
Примечание: Мм - маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Хеликон, Россия); 83...94 – анализируемые материнские растения, 1 – неустойчивая форма; 49 и 56 – донор устойчивости к BTM
Fig. 7. Electrophoregram of genomic DNA amplification products at the UMD 2060 locus in 8% PAAG. Note: Mm is a molecular weight marker 100 bp+1,5 Kb (supplier – comp. Helicon, Russia); 83...94 – analyzed mother plants, 1 – unstable form; 49 and 56 – donor of resistance to TMV

Из рисунка 6 видно, что образцы под № 4, 5, 9 и 16 имеют ДНК-профиль, как у устойчивых донорных образцов. Они были включены в гибридизацию в качестве материнских форм. Размеры ожидаемых целевых фрагментов – 159 и полученных – 280.

На рисунке 7 видно, что только образцы №83 и 88 имеют ДНК-профиль, как у донорных линий. Размеры ожидаемых целевых фрагментов – 159 и полученных – 280.

Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера UMD 2060 – 159 и полученных – 160.

Размеры ожидаемых целевых фрагментов для маркера UMD 2060 – 159 и полученных – 160.

В гибридизацию в качестве отцовских форм из всех проанализированных образцов включены № 37, 65, 70, 82, 49, 56.

На рисунках 10, 11 представлены результаты гибридизации донорных и реципиентных форм томата в камерах искусственного климата.

В настоящее время полученный гибридный селекционный материал с генами-интереса высе-

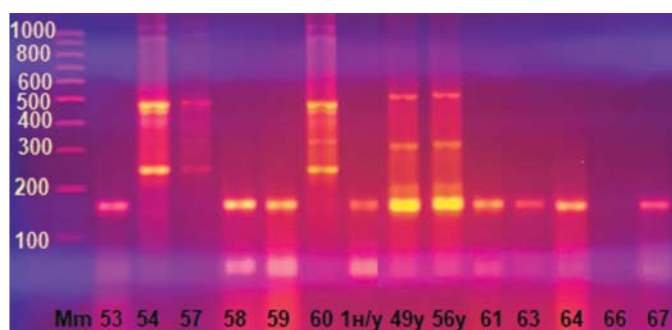


Рис. 8. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК по локусу UMD 2060 в 2%-ном агарозном геле.

Примечание: Мм – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Хеликон, Россия); 53...67 – анализируемые отцовские растения, 1 – неустойчивая форма; 49 и 56 – донор устойчивости к BTM
Fig. 8. Electrophoregram of genomic DNA amplification products at the UMD 2060 locus in a 2% agarose gel. Note: Mm is a molecular weight marker 100 bp+1,5 Kb (supplier – comp. Helicon, Russia); 53...67 – analyzed paternal plants, 1 – unstable form; 49 and 56 – donor of resistance to TMV

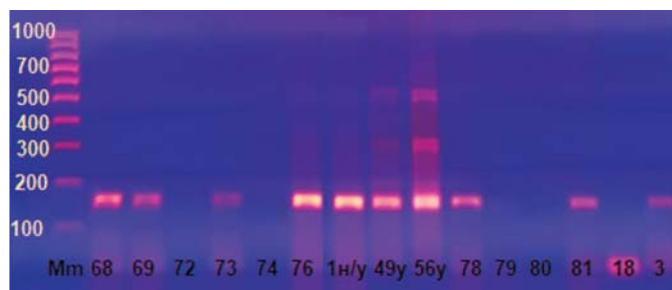


Рис. 9. Электрофореграмма продуктов амплификации геномной ДНК по локусу UMD 2060 в 2%-ном агарозном геле

Примечание: Мм – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Хеликон, Россия); 68...3 – анализируемые отцовские растения, 1 – неустойчивая форма; 49 и 56 – донор устойчивости к BTM
Fig. 9. Electrophoregram of genomic DNA amplification products at the UMD 2060 locus in a 2% agarose gel Note: Mm is a molecular weight marker 100 bp+1,5 Kb (supplier – comp. Helicon, Russia); 68...3 – analyzed paternal plants, 1 – unstable form; 49 and 56 – donors of resistance to TMV



а)

б)

Рис. 10 (а,б). Гибридизация донорных и реципиентных форм томата
Fig. 10 (a,b). Hybridization of donor and recipient forms of tomato



а)

б)

Рис. 11 (а,б). Получение гибридного селекционного материала томата
Fig. 11 (a,b). Obtaining a hybrid tomato breeding material

жен в открытый грунт на оценку по устойчивости к ВТМ, по результатам которой будут отобраны резистентные формы и вовлечены в последующие звенья селекционного процесса. Результаты проведённой фенотипической оценки будут сравниваться с результатами проведенных ПЦР-анализов.

Закключение

В результате научных исследований проведен скрининг имеющегося селекционного материала томата в отделе овощекртофелеводства и по результатам ДНК- анализа и по комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены генотипы, устойчивые к Tobacco Mosaic Virus. Подобраны

родительские формы для гибридизации. Выполнена апробация SSR-маркеров и оптимизированы условия ПЦР (экспериментальные параметры) для идентификации целевых генов *Tm* (устойчивости к вирусу табачной мозаики) в селекционном материале. Отобрано два информативных молекулярных маркера Tms 37 и UMD 2060, которые выявляют аллельную разницу

между устойчивыми и восприимчивыми образцами. Проведена гибридизация ФМС-линий томата с образцами, обладающими устойчивостью к генам-интереса для получения ФМС-линий с генами резистентности к ВТМ. Получены семена отцовских форм – доноров целевых генов для дальнейшего их использования в селекционной работе.

Об авторах:

Олеся Леонидовна Горун – младший научный сотрудник лаб. информационных, цифровых и биотехнологий, olesyagorunflash@gmail.com

Елена Викторовна Дубина – доктор биол. наук, зав. лаб. информационных, цифровых и биотехнологий, lenakrug1@rambler.ru

Ирина Викторовна Козлова – научный сотрудник отдела овощекртофелеводства

Иван Валерьевич Баянский – зам. директора

Сергей Валентинович Гаркуша – доктор с.-х. наук, профессор, врио директора

About the authors:

Olesya L. Gorun – Junior Researcher of the Laboratory of Information, Digital and Biotechnologies, olesyagorunflash@gmail.com

Elena V. Dubina – Doc. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of Information, Digital and Biotechnologies, lenakrug1@rambler.ru

Irina V. Kozlova – Researcher of the Department of vegetable and potato growing

Ivan V. Balyasny – Deputy Director

Sergey V. Garkusha – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Acting Director

• Литература

1. Гавриш С.Ф., Будылин М.В. Использование молекулярных маркеров при создании гибридов томата, устойчивых к грибным заболеваниям. *Гавриш*. 2016;(6):24-33.
2. Arens P. et al. Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing. *Theoretical and applied genetics*. 2010;120(3):655-664. DOI:10.1007/s00122-009-1183-2
3. Barone A., Frusciante L. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato. Marker-assisted selection: Current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish. *Food & Agriculture Org. Ed. Elcio P. Guimarães*. 2007;(9):151-164.
4. Foolad M.R., Sharma A. Molecular markers as selection tools in tomato breeding. *ISHS Acta Horticulturae*. 2005;(695):225-240.
5. Будылин М.В. Обыкновенное чудо. Молекулярные маркеры в современной селекции. *Гавриш дайджест. Технологии*. 2015. С.149-151.
6. Foolad M.R. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*. 2007(2):64358. DOI:10.1155/2007/64358
7. Panthee G.R., Brown A.F., Yousef G.G., Ibrahe R., Anderson C. Novel molecular marker associated with Tm2a gene conferring resistance to tomato mosaic virus in tomato. *Plant Breeding*. 2013;(132):413-416.
8. Shi A. et al. Molecular markers for Tm-2 alleles of Tomato mosaic virus resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2011;2(02):180.
9. Нгуен Т.Л. Комбинаторная способность стерильных индетерминантных и фертильных детерминантных линий томата с групповой устойчивостью к заболеваниям. 2015.
10. Мюррей М.Г. Быстрое выделение высокомолекулярной ДНК растений. *Геном*. 1980;(40):379-378.
11. Буц А.В., Цаценко Л.В. Использование гибридизационных зондов Real-time PCR, на примере маркера гена устойчивости к ВТМ культуры томата. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020;(158):168-180.
12. Аджиева В.Ф. Сравнительный анализ полиморфизма микросателлитных маркеров генотипов томата (*Solanum lycopersicum* L.) белорусской и зарубежной селекции. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2010;(11):7-11.
13. Заморзаева И., Барбакар Н. SSR маркеры, созданные на основе кодирующих нуклеотидных последовательностей томата. Селекция и семеноводство овощных культур. 2014;(45):287-293.
14. Smulders M.J.M. et al. Use of short microsatellites from database sequences to generate polymorphisms among *Lycopersicon esculentum* cultivars and accessions of other *Lycopersicon* species. *Theor. Appl. Genet.* 1997;(94):264-272.
15. Aishwarya V., Sharma P.C. UgMicroSatdb: database for mining microsatellites from unigenes. *Nucl. Acids Research*, 2008;(36). Database issue: D53-D56.

• References

1. Gavrish S.F., Budylin M.V. The use of molecular markers in the creation of tomato hybrids resistant to fungal diseases. *Gavrish*. 2016;(6):24-33. (In Russ.)
2. Arens P. et al. Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing. *Theoretical and applied genetics*. 2010;120(3):655-664. DOI:10.1007/s00122-009-1183-2
3. Barone A., Frusciante L. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato. Marker-assisted selection: Current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish. *Food & Agriculture Org. Ed. Elcio P. Guimarães*. 2007;(9):151-164.
4. Foolad M.R., Sharma A. Molecular markers as selection tools in tomato breeding. *ISHS Acta Horticulturae*. 2005;(695):225-240.
5. Budylin M. V. An ordinary miracle. Molecular markers in modern breeding. *Gavrish digest. Technologies*. Moscow. 2015. pp. 149-151. (In Russ.)
6. Foolad M.R. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*. 2007(2):64358. DOI:10.1155/2007/64358
7. Panthee G.R., Brown A.F., Yousef G.G., Ibrahe R., Anderson C. Novel molecular marker associated with Tm2a gene conferring resistance to tomato mosaic virus in tomato. *Plant Breeding*. 2013;(132):413-416.
8. Shi A. et al. Molecular markers for Tm-2 alleles of Tomato mosaic virus resistance in tomato. *American Journal of Plant Sciences*. 2011;2(02):180.
9. Nguyen T.L. Combinational ability of sterile indeterminate and fertile determinant tomato lines with group resistance to diseases. 2015. (In Russ.)
10. Murray M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Genom.* 1980;(40):379-378. (In Russ.)
11. Butz A.V., Tsatsenko L. V. Using hybridization probes Real-time PCR, on the example of a marker of the gene of resistance to TMV of tomato culture. Polythematic network electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2020;(158):168-180. (In Russ.)
12. Adzhieva, V. F. Comparative analysis of polymorphism of microsatellite markers of tomato genotypes (*Solanum lycopersicum* L.) of Belarusian and foreign breeding. *Molecular and Applied genetics*. 2010;(11):7-11. (In Russ.)
13. Zamorzayeva I., Barbakar N. SSR markers created on the basis of coding nucleotide sequences of tomato. *Selection and seed production of vegetable crops*. 2014;(45):287-293. (In Russ.)
14. Smulders M.J.M. et al. Use of short microsatellites from database sequences to generate polymorphisms among *Lycopersicon esculentum* cultivars and accessions of other *Lycopersicon* species. *Theor. Appl. Genet.* 1997;(94):264-272.
15. Aishwarya V., Sharma P.C. UgMicroSatdb: database for mining microsatellites from unigenes. *Nucl. Acids Research*, 2008;(36). Database issue: D53-D56.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-42-47>
УДК 635.64:631.531(477.75)

Л.А. Логвиненко¹, Е.Н. Кравченко¹,
О.М. Шевчук¹, Н.А. Голубкина³,
Т.С. Науменко²

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Орден Трудового Красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
¹ Лаборатория ароматических и лекарственных растений

² Лаборатория семеноводства

³ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Логвиненко Л.А., Кравченко Е.Н., Шевчук О.М., Голубкина Н.А., Науменко Т.С. Особенности развития и размножения представителей семейства Solanaceae в условиях Южного берега Крыма. *Овощи России*. 2021;(4):42-47. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-42-47>

Поступила в редакцию: 15.07.2021

Принята к печати: 09.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Lidiya A. Logvinenko¹,
Ekaterina N. Kravchenko¹,
Oksana M. Shevchuk¹,
Nadezhda A. Golubkina³,
Tatyana S. Naumenko²

Federal State Funded Institution of Science
“The Nikitsky Botanical Gardens – National
Scientific Center of the RAS”
52, Nikitsky spusk str., Nikita, Yalta, 298648,
Russia;

¹ Laboratory of aromatic and medicinal plants

² Laboratory of seed production

³ Federal State Funded Research Institution
“Federal Scientific Center of Vegetable Growing”
14, Selektionnaya str., VNISSOK village,
Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

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

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

For citations: Logvinenko L.A., Kravchenko E.N., Shevchuk O.M., Golubkina N.A., Naumenko T.S. Features of development and reproduction of representatives of the Solanaceae family in the conditions of the Southern coast of the Crimea. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):42-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-42-47>

Received: 15.07.2021

Accepted for publication: 09.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Особенности развития и размножения представителей семейства Solanaceae в условиях Южного берега Крыма



Резюме

Актуальность. Учитывая узкий ассортимент выращиваемых видов овощных растений в России и общемировую тенденцию обеднения их биохимического состава, одновременно с глобализацией производства продукции растениеводства, необходим поиск видов и форм растений, отличающихся высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) в своем составе, поскольку снижение потребления важных микро- и макроэлементов резко увеличивает риск опасных заболеваний для человека.

Цель. Изучить особенности роста и развития растений семейства Пасленовые в коллекции ФГБНУ «НБС-ННЦ», характеризующихся высоким содержанием биологически активных веществ и функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ), коротким вегетационным периодом и нейтральной реакцией на продолжительность дня.

Материалы и методы. Особенности развития, биоморфологические показатели растений изучали по методике интродукционных исследований, разработанной в Никитском ботаническом саду [4]. Антиоксидантную активность (АОА) определяли по методу [5], основанному на окислительно-восстановительной реакции веществ анти-оксидантного действия с перманганатом калия. Содержание водорастворимых минералов устанавливали с помощью кондуктометра TDS 3 на водных экстрактах растений. Содержание фенольных соединений определяли фотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [6]; аскорбиновой кислоты – йодометрически – титрованием [7], каротиноидов – спектрофотометрическим методом [8].

Результаты. Представлены выявленные особенности роста и развития, биохимического состава новой овощной культуры для РФ – паслена карипенс (тзимбало) (*Solanum caripense* Dunal.), физалиса аптечного (*Physalis alkekengi* L.), культур лекарственного направления – паслена дольчатого (*Solanum laciniatum* Ait.), витании снотворной (синонимы зимняя вишня, индийский женьшень или физалис солнечнолистный) (*Withania somnifera* (L.) Dunal.), красавки белладонны (*Atropa belladonna* L.).

Выводы. Проведенные исследования позволяют расширить и восполнить ассортимент новых культур с повышенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантов.

Ключевые слова: новые овощные культуры, лекарственные растения, биологически активные вещества, функциональные пищевые ингредиенты

Features of development and reproduction of representatives of the Solanaceae family in the conditions of the Southern coast of the Crimea

Abstract

Relevance. Taking into account the narrow range of vegetable plant species grown in Russia and the global trend of impoverishment of their biochemical composition, simultaneously with the globalization of crop production, it is necessary to search for plant species and forms that are characterized by a high content of functional food ingredients (FFI) in their composition, since a decrease in the consumption of important micro- and macroelements sharply increases the risk of dangerous diseases for humans.

Objective. To study the features of growth and development of plants of the Solanaceae family in the collection of the Federal State Funded Institution of Science “NBG-NSC”, characterized by a high content of biologically active substances and functional food ingredients (FFI), a short growing season and a neutral reaction to the length of the day.

Materials and methods. Features of development, biomorphological indicators of plants were studied according to the method of introduction studies developed in the Nikitsky Botanical Gardens [4]. The antioxidant activity (AOA) was determined by the method [5] based on the redox reaction of substances of antioxidant action with potassium permanganate. The content of water-soluble minerals was determined using a TDS 3 conductometer on aqueous plant extracts. The content of phenolic compounds was determined by photometric method using the Folin-Chocault reagent [6]; ascorbic acid content - by iodometric titration [7], carotenoids content - by spectrophotometric method [8].

Results. The revealed features of growth and development, biochemical composition of a new vegetable crop for the Russian Federation – nightshade caripense (tzimbalo) (*Solanum caripense* Dunal.), bladder herb (*Physalis alkekengi* L.), medicinal crops - nightshade laciniatum (*Solanum laciniatum* Ait.), vitania hypnotic (synonyms winter cherry, Indian ginseng or physalis sunny-leaved) (*Withania somnifera* (L.) Dunal.), great morel (*Atropa belladonna* L.).

Conclusions. The conducted research will allow expanding and replenishing the range of new crops with an increased content of biologically active substances and antioxidants.

Keywords: new vegetable crops, medicinal plants, biologically active substances, functional food ingredients

Введение

Растения семейства Пасленовые (Solanaceae), произрастающие по всему миру и насчитывающие 90 родов, составляют крупную группу овощных культур, другие известны как ценные лекарственные растения [1].

В коллекции ароматических и лекарственных растений ФГБУН «НБС-ННЦ» они представлены 8 видами, 5 из которых являются источниками пищевого и лекарственного сырья: *Solanum caripense* Dunal, *Physalis alkekengi* L., *Solanum laciniatum* Ait., *Withania somnifera* (L.) Dunal., *Atropa belladonna* L.

Учитывая узкий ассортимент выращиваемых видов овощных растений в России и общемировую тенденцию обеднения их биохимического состава, одновременно с глобализацией производства продукции растениеводства, необходим поиск видов и форм растений, отличающихся высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) в своем составе, поскольку снижение потребления важных микро- и макроэлементов резко увеличивает риск опасных заболеваний для человека. Кроме того, минорные компоненты в продукции растениеводства (полифенолы, антиоксиданты, индольные соединения, фитостерины и другие вещества разного химического строения и свойств) могут выступать в качестве лекарственных ингредиентов, способствуя поддержанию гомеостаза организма человека.

Методы исследований

Экспериментальный участок расположен на Южном берегу Крыма (ЮБК) с географическими координатами 44°31' с.ш., 34°15' в.д., 200 м над уровнем моря. Почва – агрокоричневая среднегумусированная мощная карбонатная легкоглинистая с содержанием гумуса в слое 0-20 см – 2,96%; азота легкогидролизуемого – 6,6 мг/100 г.; фосфора подвижного – 12,8 мг/100 г.; калия обменного – 17,8 мг/100 г., pH (сол.) – 7,5 ед [2]. Природные условия характеризовались сухим субтропическим климатом средиземноморского типа. Средняя годовая температура воздуха составила плюс

12...150С, переход среднесуточной температуры выше 50С происходил в первой-второй декаде марта, а ниже 50С – в первой декаде декабря. Максимальная температура воздуха летом – 36...38°С, а абсолютный минимум зимой – 7...10°С ниже нуля. Осенне-зимний период характеризовался преобладанием осадков, годовое количество которых составило до 560 мм [3]. Особенности развития, биоморфологические показатели растений изучали по методике интродукционных исследований, разработанной в Никитском ботаническом саду [4].

Антиоксидантную активность (АОА) определяли по методу [5], основанному на окислительно-восстановительной реакции веществ антиоксидантного действия с перманганатом калия и выражали в миллиграмм-эквивалентах галловой кислоты на грамм (мг-экв ГК/г). В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду (экстракция при комнатной температуре в течение 15 мин) и 70%-ный этиловый спирт (экстракция в течение 1 ч при 90°С).

Содержание водорастворимых минералов устанавливали с помощью кондуктометра TDS 3 на водных экстрактах растений.

Содержание фенольных соединений определяли фотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [6]; аскорбиновой кислоты – йодометрически – титрованием [7], каротиноидов – спектрофотометрическим методом [8].

Результаты и обсуждение

С 2016 по 2019 годы в условиях ЮБК (НБС) проводили изучение особенностей роста и развития растений семейства Пасленовые, характеризующихся высоким содержанием биологически активных веществ (накопления микро- и макроэлементов, содержания каротиноидов, аскорбиновой кислоты, пектинов) и функциональных пищевых ингредиентов (FFI), коротким вегетационным периодом и нейтральной реакцией на продолжительность дня.

Новой овощной культурой для РФ является *Solanum caripense* Dunal. – паслен карипенс (тзимбалло) (рис.1).



Рис. 1. *Solanum caripense* Dunal
Fig. 1. *Solanum caripense* Dunal

Представляет собой ветвистый, вечнозеленый кустарник. Естественным ареалом произрастания *Solanum caripense* является высокогорье Южной Америки. В Колумбии, Эквадоре, Боливии, Перу и Чили данный вид выращивается ради маленьких съедобных плодов [9]. В коллекцию НБС-ННЦ был интродуцирован в 2017 году из ЦСБ СО РАН города Новосибирск. В условиях ЮБК культивируется как однолетнее травянистое растение, высотой до 50 см, формирующее за вегетативный период несколько побегов длиной до 30 см. Растение теплолюбиво и солнцелюбиво. С момента посева до плодоношения проходит около 90 дней. Листья небольшие, сложные непарноперистые до 12 см длиной. Цветки – очень мелкие до 0,5 мм, ярко-жёлтые, воронковидные, расположены в пазухах листьев – мужские собраны в узлах по несколько штук, а женские поодиночке. Плоды – небольшие ягоды, собранные в небольшую кисть длиной $2,36 \pm 0,18$ см, шириной $2,15 \pm 0,21$ см, в которой формируется до 12 плодов. Средний вес плода составляет $5,74 \pm 1,22$ г. Плоды мелкие, гладкие, круглые имеют светло-зеленую окраску с более темным рисунком (продольные полосы, неправильной формы темно-фиолетового цвета). По мере созревания плод начинает светлеть. Мякоть светло-зеленая с огуречным запахом. Семена мелкие, многочисленные. В условиях выращивания на ЮБК средняя урожайность составила 1092 г/раст., а максимальный – 2740 г/раст.

По анализу феноритмов культуры были выявлены следующие особенности: посев проводили в первых числах мая; период прорастания семян длительный и составил 21 день; фаза активной вегетации начинается в начале июня; период цветения приходится на июль месяц; в фазу плодоношения культура вступает с середины августа, которая продолжается до заморозков, когда температура воздуха опускается ниже $+10^{\circ}$ вегетация прекращается. Были подтверждены литературные данные, указывающие на способность перенесения кратковременных заморозков до -2°C , которая сопровождалась сбрасыванием листьев. В условиях ЮБК дает самосев. Проведены фитохимические исследования зрелых плодов. Содержание аскорбиновой составило 11,3 мг/100 г; каротиноидов – 1,09 мг/100 г (2019 год) и 2,59 мг/100 г (2020 год);

содержание сухого вещества – 11,95% (2019 год) и 1,05% (2020 год).

Physalis alkekengi L. – физалис аптечный, родиной которого является Центральная Америка (Мексика и Гватемала), Юго-Восточная Азия, Африка (рис.2).

Плоды сладкие с земляничным запахом. По содержанию сухого вещества, сахаров и лимонной кислоты превосходят баклажан и перец. Желирующая способность пектина, содержание которого достигает 10% от сухой массы, в два раза больше, чем у яблок. Используют плоды в свежем и сушеном виде, варят варенье и повидло. Свежие ягоды богаты витамином С, настой из сушеных листьев имеют лекарственное значение как мочегонное, желчегонное, противовоспалительное, ранозаживляющее и болеутоляющее средство. Наружно сок используют при лечении лишая. На Южном берегу Крыма культивируется как многолетнее травянистое растение. Стебель сильноветвистый, полустоячий или стелющийся высотой 50-90 см. Цветки пазушные, одиночные, колокольчатые. Чашечка пятизубчатая, сильно разрастается и охватывает плод. Венчик желтоватый, с коричневыми пятнами у основания. Растение теневыносливое, хорошо растет на любых почвах, но требовательное к влаге. Фаза бутонизации наступает во второй половине (15-20) мая. Массовое цветение в условиях ЮБК продолжается с первой декады июня (5-10) и до конца августа. Плоды созревают с начала сентября до конца октября. Размножается семенами и вегетативно (делением корневища). Зрелые плоды – это ярко оранжевая ягода, видом напоминающая вишню. Урожайность надземной массы $0,7-1,2$ кг/м².

Solanum laciniatum Ait, *Withania somnifera* (L.) Dunal., *Atropa belladonna* L. в коллекции НБС изучаются как перспективные виды лекарственного сырья.

Solanum laciniatum (семейство *Solanaceae*) – паслен дольчатый произрастает в Австралии и Новой Зеландии (рис.3). Является ценным источником стероидных гликоалкалоидов и флавоноидов [10]. В НБС интродуцирован из Швейцарии в 2012 году. В условиях ЮБК – многолетний кустарник, нуждается в укрытии (присыпание опилками, высотой до 2 см) на период январь-февраль. Может культивироваться и



Рис.2. *Physalis alkekengi* L.
Fig.2. *Physalis alkekengi* L.



Рис.3. *Solanum laciniatum* Ait.
Fig.3. *Solanum laciniatum* Ait.

как однолетняя культура, с ежегодным посевом семян в открытый грунт. За вегетационный период формирует надземную массу высотой до 133 см, проходит полный цикл развития, цветет с июня до поздней осени, формирует жизнеспособные семена; плоды созревают с середины сентября до конца ноября. Плод – оранжевая ягода, продолговато-овальной формы длиной 2,2-2,7 см, шириной 1,6-2,1 см. Среднее количество семян в одном плоде 129 шт. Масса 1000 шт. равна 0,91 г.

Трудоемкость семенного размножения *Solanum laciniatum* определяет актуальность изучения возможности вегетативного размножения данной культуры. Опыт по зеленому черенкованию показал, что для

черенков, заготовленных в середине марта, характерна высокая интенсивность процесса корнеобразования: уже на 5-й день у 66,7% сформировались корешки, а через 10 дней – у 97-99% (аналогичное черенкование в апреле – корешки сформировали всего лишь 15%). Укореняемость в открытом грунте составила 95%. Сравнение развития семенных и вегетативных растений показало, что вегетативные растения быстрее проходят фазы развития (на 14-15 дней) и соответственно вызревание семян наступает уже в середине августа, в сравнение с первой декадой сентября у семенных растений.

Установлено, что вегетативный способ размножения паслена дольчатого обеспечивает однородность



Рис.4. *Withania somnifera* (L.) Dunal.
Fig.4. *Withania somnifera* (L.) Dunal.

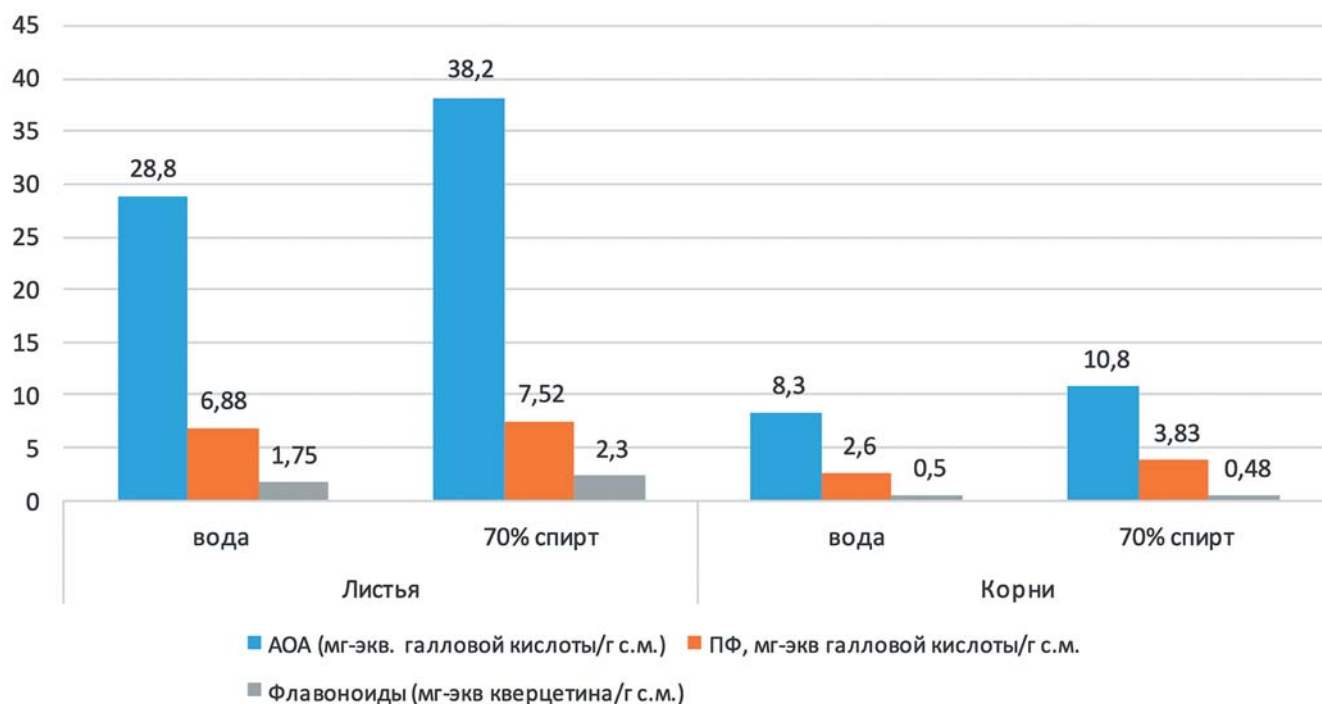


Рис.5. Содержание и активность антиоксидантов в листьях и корнях *Withania somnifera* (L.) Dunal.
Fig. 5. The content and activity of antioxidants in the leaves and roots of *Withania somnifera* (L.) Dunal.

получаемого лекарственного сырья, а также возможность сокращения сроков вегетации на 25-30 дней. Листья являются основным лекарственным сырьем. Облиственность растений к фазе плодоношения составила 48,3%. Урожайность надземной массы составила 1,2 кг/куст.

Биохимические исследования сырья паслена дольчатого установили, что в нем содержится 3265,05 мг/дм³ фенольных веществ, 0,025% флавоноидов, 9,46 мг/100 г аскорбиновой кислоты и 0,169 мг/100 г каротиноидов [11].

Одной из наиболее перспективных лекарственных культур является *Withania somnifera* (L.) Dunal. – витания снотворная (синонимы зимняя вишня, индийский женьшень или физалис солнечнолистный) (рис.4), играющей важную роль в народной медицине Юго

Восточной Азии, например, в системах медицины Унани и Аюрведы [10].

Растения *Withania somnifera* уже более 3000 лет применяют в народной медицине при лечении физиологических заболеваний, а также для поддержания молодости, выносливости, силы и здоровья человека [9]. Это обусловлено тем, что во всех частях растения (листьях, коре, плодах, семенах, и в большей степени в корне) синтезируются такие вещества как сапонины, гликозиды, стероидные лактоны, олигосахариды, витанолид, а также свободный 6-витаферин А (агликон), обладающий цитотоксическим (противоопухолевыми) действием. Это многолетнее травянистое растение высотой до 1,1-1,3 м. В открытом грунте в условиях Южного берега Крыма рекомендуется для выращивания как однолетняя культура, хотя в отдель-



Рис.6. *Atropa belladonna* L.
Fig.6. *Atropa belladonna* L.

ные годы (2020-2021 годы) дает самосев и не вымерзает. Высаживать в грунт рассаду необходимо в конце мая – начале июня, когда нет угрозы весенних заморозков. При выращивании в теплице как многолетней культуры, посев семян производится в первой декаде апреля, всходы появляются в начале мая, фаза массового цветения наступает в середине сентября, созревание семян происходит в конце ноября. Урожай надземной массы в первый год вегетации составляет 6 кг/м². Во второй и последующие годы фаза массового цветения наступает в середине августа, семена созревают в конце сентября. Лекарственным сырьем являются листья и корни.

В ФГБУН «НБС-ННЦ» совместно с ФГБНУ ФНЦО проведены исследования по содержанию и активности антиоксидантов, концентрации макро- и микроэлементов в корнях и листьях *Withania somnifera* (L.) Dunal, о чем подробно было изложено ранее [12]. Листья *Withania somnifera* показали более высокое содержание полифенолов, флавоноидов и общей антиоксидантной активности по сравнению с корнями (рис.5).

Withania somnifera в листьях интенсивно накапливает Ca, K, Mg, P, B, I, Li, Mn, Mo, Si и Zn, в корнях – V, Cr, Fe и Al [12].

Наибольшая разница в концентрации обнаружена для Li, содержание которого в листьях было в 10 раз выше, чем в корнях. Среди других культивируемых

трав (14 видов, принадлежащих к *Artemisia* и *Myrtus*), *Withania somnifera* показала самые высокие уровни Li, что позволяет предположить, что этот вид является хорошим источником данного элемента для человека. Кроме того, листья *W. somnifera* содержат высокий уровень йода [12].

Atropa belladonna L. – красавка белладонна является официальным лекарственным растением (рис.6). Содержит алкалоиды. Лекарственным сырьем являются все органы растения. Экстракты и настойки применяют в качестве спазмолитического, болеутоляющего средства [9, 10]. Теплолюбивое многолетнее травянистое растение. Весеннее отрастание наблюдается во второй половине марта (20 числа). В фазу бутонизации вступает в начале мая (3-7 числа). Цветение продолжается с середины мая до конца октября. Высота растений достигает до 145 см. Размножается семенами. Семена созревают с конца июля (21-25 числа) до середины ноября. Регулярное плодоношение позволяет рассматривать данный вид как перспективное многолетнее лекарственное растение для ЮБК.

Таким образом нам удалось определить группу перспективных хозяйственно полезных пищевых и лекарственных растений. Их всесторонне изучение в условиях культуры Южного берега Крыма позволит расширить и восполнить ассортимент новых культур для производства.

Об авторах:

Лидия Алексеевна Логвиненко – н.с.

Екатерина Николаевна Кравченко – м.н.с.

Оксана Михайловна Шевчук – доктор биол. наук, зав. лабораторией

Надежда Александровна Голубкина – доктор с.-х. наук,

<https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Науменко Татьяна Сергеевна – кандидат с.-х. наук, с.н.с.

About the authors:

Lidiya A. Logvinenko – Scientific Researcher

Ekaterina N. Kravchenko – Junior Research

Oksana M. Shevchuk – Doc. Sci. (Biology), Head of the Laboratory,

Nadezhda A. Golubkina – Doc. Sci. (Agriculture),

<https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Tatyana S. Naumenko – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher

• Литература

1. Жизнь растений. Под редакцией акад. АН СССР А.Л. Тахтаджан. Е.5(2). Ч.2. М.: Просвещение, 1981. С. 35-39.
2. Орел Т.И. Оценка агроэкологических ресурсов Крыма для выращивания эфиромасличных и лекарственных растений. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. 72 с.
3. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 2015. 164 с.
4. Исков В.П., Работягов В.Д., Хлыпенко Л.А. и др. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных культур. Методологические и методические аспекты. Ялта: НБС-ННЦ, 2009. 110 с.
5. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2018. 66 с. DOI: 10.12737/104542.
6. Методы технохимического контроля в виноделии. Под ред. В.Г. Гержиковой. – Симферополь: Таврида, 2002. 260 с.
7. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков. *Труды Гос. Никит. Ботан. Сада*. 1999;(108):121-129.
8. Оленников Д.Н., Потанина О.Г., Танхаева Л.М., Николаева Г.Г. Фармакогностическая характеристика листьев какалии копьевидной (*Cacalia hastata* L.). *Химия растительного сырья*. 2004;(3):43-52.
9. Логвиненко И.Е., Исков В.П., Логвиненко Л.А. Лекарственные растения коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь, Изд.-во: ИТ «АРИАЛ», 2017. 72 с.
10. Марко Н.В., Логвиненко Л.А., Шевчук О.М., Фесков С.А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь, Изд.-во «Ариал», 2018. 176 с.
11. Логвиненко Л.А., Шевчук О.М., Толкачева Н.В. Особенности развития *Solanum laciniatum* Ait. и содержание биологически активных веществ в условиях Южного берега Крыма. В сборнике: *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. сборник научных трудов*. Ижевск, 2017. С.39-41.
12. Кекина Е.Г., Шевчук О.М., Голубкина Н.А., Логвиненко Л.А., Хлыпенко Л.А., Молчанова А.В., Caruso G. Antioxidant properties and elemental composition of *Withania somnifera* L. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food*. 2019;(7):93-101.

• References

1. Plant Life. Edited by member of the Academy of Sciences of the USSR A.L. Takhtadzhyan. E. 5(2). Part 2. Moscow: Prosveshchenie, 1981. P.35-39. (In Russ.)
2. Orel T.I. Assessment of agroecological resources of the Crimea for the cultivation of essential oil and medicinal plants. Simferopol: PH "Ariall", 2018. 72 p. (In Russ.)
3. Plugatar Yu.V., Korsakova S.P., Ilitsky O.A. Ecological monitoring of the Southern Coast of the Crimea. Simferopol: PH "ARIAL". 2015. 164 p. (In Russ.)
4. Isikov V.P., Rabotyagov V.D., Khlypenko L.A., etc. Introduction and breeding of aromatic and medicinal crops. Methodological and methodological aspects. Yalta: NBS-NSC, 2009. 110 p. (In Russ.)
5. Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods of their determination. Moscow: Publishing House of the Federal State Funded Scientific Research Institute, 2018. 66 p. DOI: 10.12737/104542. (In Russ.)
6. Methods of technochemical control in winemaking / Edited by V.G. Gerzhikova. Simferopol: Tavrida, 2002. 260 p. (In Russ.)
7. Richter A.A. The use of interrelations of biochemical traits in breeding *Works of State. Nikita. Bot. Garden*. 1999;(108):121-129. (In Russ.)
8. Olennikov D.N., Potanina O.G., Tanhaeva L.M., Nikolaeva G.G. Pharmacognostic features of leaves of *Cacalia lance-shaped (Cacalia hastata L.)* // Chemistry of plant raw materials. 2004;(3):43-52. (In Russ.)
9. Logvinenko I.E., Isikov V.P., Logvinenko L.A. Medicinal plants of the collection of the Nikitsky Botanical Gardens. Simferopol, publishing house: PH "ARIAL", 2017. 72 p. (In Russ.)
10. Marko N.V., Logvinenko L.A., Shevchuk O.M., Feskov S.A. Annotated catalog of aromatic and medicinal plants of the collection of the Nikitsky Botanical Gardens. Simferopol, publishing house "Ariall", 2018. 176 p. (In Russ.)
11. Logvinenko L.A., Shevchuk O.M., Tolкачева N.V. Features of the development of *Solanum laciniatum* Ait. and the content of biologically active substances in the conditions of the Southern Coast of the Crimea. In the collection: *Development, research and marketing of new pharmaceutical products. collection of scientific papers*. Izhevsk, 2017. P. 39-41. (In Russ.)
12. Kekina E.G., Shevchuk O.M., Golubkina N.A., Logvinenko L.A., Khlypenko L.A., Molchanova A.V., Caruso G. Antioxidant properties and elemental composition of *Withania somnifera* L. *Journal of International scientific publications: Agriculture and Food*. 2019;(7):93-101.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-48-52>
УДК 635.64:631.52(571.61)

Г.А. Кузьмицкая, Г.Е. Шестопалова

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, обособленное подразделение «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства» 680521, Россия, Хабаровский край, Хабаровский р-он, с. Восточное, ул. Клубная, 13

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Кузьмицкая Г.А., Шестопалова Г.Е. Особенности селекции томата в Приамурье. Итоги и перспективы. *Овощи России*. 2021;(4):48-52. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-48-52>

Поступила в редакцию: 21.05.2021

Принята к печати: 14.07.2021

Опубликована: 25.08.2021

Galina A. Kuzmitskaya,
Galina E. Shestopalova

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Research Institute (KhFRC FEB RAS FIARI)
Klubnaya St., 13, v. Vostochnoe, Khabarovsk territory, Khabarovsk region, 680521, Russia

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

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

For citations: Kuzmitskaya G.A., Shestopalova G.E. Features of tomato breeding in the Amur region. Results and perspectives. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):48-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-48-52>

Received: 21.05.2021

Accepted for publication: 14.07.2021

Accepted: 25.08.2021

Особенности селекции томата в Приамурье. Итоги и перспективы



Резюме

Актуальность. Хабаровский край считается зоной рискованного земледелия. Характеризуется муссонным климатом (июль-сентябрь), не имеющим аналогов в России, с неравномерным распределением осадков, перепадами температур и высоким естественным инфекционным фоном. Поэтому поиск сортов томата, отзывчивых на изменения окружающей среды, с повышенной или стабильной урожайностью весьма актуален. Самыми значимыми лимитирующими факторами при культивировании томата в регионе являются высокий естественный инфекционный фон и резко-переменный гидротермический режим, сложившиеся под влиянием муссонного климата Приамурья.

Целью наших многолетних исследований являлось создание высокопродуктивных сортов и гибридов томата, наиболее полно реализующих природные и климатические условия возделывания, обладающих повышенной устойчивостью к наиболее вредоносным болезням, стрессовым факторам среды и высоким продуктивным потенциалом.

Методы. Селекционная работа проводилась на овощном участке ДВ НИИСХ. Выращивание рассады проводили кассетным методом в необогреваемой пленочной теплице с последующим высаживанием в открытый грунт по рекомендованной в регионе грядовой технологии по схеме 140 x 35 см. Основным методом селекционной работы по созданию новых сортов томата был аналитический с непрерывным отбором. Все необходимые фенологические, биометрические и фитопатологические наблюдения и учеты проводили по общепринятым для данной культуры методикам.

Результаты и обсуждение. Итогом селекции томата в ДВ НИИСХ стало создание сортов различных сроков созревания: раннеспелого – Заря Востока и среднеспелых – Амурский утес и Дуныша, в 2008 году включенных в Госреестр селекционных достижений, а также Клад и Галант, успешно прошедших Государственное сортоиспытание и включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2017 и 2018 годах соответственно, рекомендованных для выращивания на садово-огородных участках, приусадебных и фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: сорта томата, Дальневосточный регион, погодные факторы, сроки созревания, инфекционный фон, Хабаровский край.

Features of tomato breeding in the Amur region. Results and perspectives

Abstract

Relevance. Khabarovsk region is considered to be the zone of risky agriculture. It is characterized by the monsoon climate (july - september), having no analogies in Russia by uneven distribution of precipitation, temperature drops and high natural infections background. That is why the search of tomato sorts, responsive to environmental changes, with increased or stable yield is highly relevant.

The aim of our perennial researches in the creation of highly productive sorts and hybrids of tomato, most fully realizing natural and climatic conditions of cultivation, having higher stability to the most harmful diseases, stress environmental factors and high productive potential.

The most significant limiting factors when growing tomatoes in the region are high natural infections background and sharply variable hydrothermal regime, formed under the influence of the Priamurye monsoon climate.

Methods. The selection work had been made on vegetable plot of DV NIISH. The seedlings had been growing by cassette method into film greenhouse, which had been no had heating. Then the seedlings was planted out into open ground in accordance with bed technology recommended in the region by scheme 140 X 35 cm. The main method of selection work of new tomato sorts creation was analytical with continous selection. All the necessary phenological, biometrical and psychopathological observations and accounts had been done by generally accepted methodics.

Results. The results in development of tomato selection in DV NIISH was the creation of sorts with different ripening time: early ripe – Zarya Vostoka and middle ripe – Amursky Utios and Dunyasha. They were included in the State registry of selection achievements in 2008 year. Sorts Klad and Galant passed successfully the state sort tests and were included in the state registry of selection achievements in 2017 and 2018 years. All these sorts are recommended for growing in garden plots, private plots and farms.

Keywords: tomato sorts, the Far East region, the State registry of selection achievements, ripening time, zoning, infections background, Amur region.

Введение

Сдерживающим фактором производства томата в открытом грунте является нестабильность урожая в производственных условиях, обусловленная неблагоприятными факторами среды, недостаточностью активных температур, повышенной влажностью в сочетании с низкими температурами, поздними весенними и ранними осенними заморозками и др. В связи с этим особую значимость приобретает адаптивная селекция, направленная на сочетание продуктивности и устойчивости к стрессам в одном генотипе [1].

Самая большая проблема дальневосточных овощеводов – очень высокий естественный инфекционный фон, вызывающий заболевания томата различной этиологии. Причем нередко распространены наиболее агрессивные их расы. Это период формирования основного урожая овощей. Отсюда большие потери урожая, и, как правило, денежных средств производителя. Здесь может помочь профилирование поверхности почвы, обеспечивающее эффективное выращивание пропашных культур. Дальний Восток – один из немногих регионов страны, где агромелиоративные гряды и гребни – обязательный элемент технологии выращивания овощей.

Адаптивность сортов томата к окружающим условиям различна. Условия, в которых произрастают сорта, постоянно меняются. Это приводит к непрерывной, меняющей свое направление изменчивости фенотипического состава сортопопуляции и вместе с тем обеспечивает их стабильность [2].

Следовательно, современные сорта томата должны обладать стабильной урожайностью в годы с различными метеоусловиями, иметь высокое качество плодов, быть устойчивыми к болезням и вредителям.

На территории Хабаровского края в открытом грунте выращивать овощи возможно только в течение пяти месяцев, а сбор урожая – в течение двух месяцев (августа, сентября), совпадающими с периодом ежегодного выпадения муссонных дождей. Вследствие чего в открытом грунте из-за практически ежегодных эпифитотий грибных заболеваний, приводящих к значительному снижению, а нередко и к полной потере урожая, в промышленных масштабах эта культура в Приамурье не возделывается вообще. Для обеспечения жителей края овощами в течение года необходимо применение сооружений защищенного грунта [3].

И только выращивание районированных, в т.ч. и дальневосточных сортов томата, позволяет несколько сгладить негативное влияние неблагоприятных погодных факторов. Культивирование сортов, наиболее адаптированных к био- и абиострессорам региона, позволит увеличить урожайность томата на 20-30% и повысить качество продукции. Ежегодно в районирование включаются новые сорта овощных культур и исключаются не прошедшие испытаний. В настоящее время в Госреестре селекционных достижений для Дальневосточного региона рекомендовано достаточно большое количество сортов томата, показавших в наших условиях неплохие результаты. Однако предпочтение все же рекомендуется отдавать сортам местной селекции, созданным в Дальневосточном НИИСХ.

Селекция томата здесь была начата еще в середине прошлого столетия Е.А. Гамаюновой. Главное внима-

ние уделялось изучению исходного материала, индивидуальному и повторно – групповому отбору, половой межсортовой гибридизации. Были созданы сорта: Хабаровский розовый 308, Хабаровский засолочный 131, Хабаровский штамбовый 143, Хабаровский штамбовый 193 и др. [4]. Среднеранний сорт Хабаровский розовый 308 до сих пор является непревзойденным сортом по выровненности плодов и их вкусовым свойствам. Этот высокоурожайный универсальный сорт, районированный в 1952 году в Амурской области, Хабаровском и Приморском краях, до настоящего времени остается в районировании и пользуется широким спросом у населения.

Практическим результатом селекционной работы с томатом в 70-80-е годы стало создание раннеспелых сортов Амурская заря и Ранний розовый. В этот же период была начата работа по подбору и выведению сортов, пригодных для машинной уборки. Однако в силу ряда экономических, организационных причин, дальнейшие исследования в этом направлении были прекращены на долгие два десятка лет. Возобновились они лишь в 1996 году с приходом в институт новой группы молодых селекционеров-единомышленников. Результатом их деятельности стало выведение целого ряда перспективных сортов, различающихся по срокам созревания, морфо-биологическим признакам и направлению использования.

Целью наших многолетних исследований являлось создание высокопродуктивных сортов и гибридов томата, наиболее полно реализующих природные и климатические условия возделывания, обладающих повышенной устойчивостью к наиболее вредоносным болезням, стрессовым факторам среды и высоким продуктивным потенциалом.

Методы

Посев семян для получения рассады проводили ежегодно 25-26 апреля. Рассаду коллекционных образцов выращивали в кассетах 50 x 50 см (по 64 шт.) в неотапливаемой пленочной теплице с последующей высадкой в открытый грунт. Считается, что растения, выращенные таким способом в тепличных условиях, менее травмируются при высадке в открытый грунт [5]. За счет чего процессы плодообразования и созревания можно ускорить на 8 до 12 суток. Растения высаживались по грядовой технологии, рекомендованной для томатов в зоне рискованного земледелия Приамурья, на делянках площадью 7 м² по 15 растений каждого образца по схеме 35x140 см. Наиболее приемлемые, установленные многолетними исследованиями, календарные сроки посадки томата в открытый грунт в районе проведения исследований первая декада июня, когда минует опасность заморозков. В годы проведения исследований высадка рассады в открытый грунт проводилась 5-7 июня. В период вегетации растений исследования сопровождали необходимыми наблюдениями, учетами и измерениями, которые проводились согласно требованиям существующих методик для культуры томата [6, 7, 8]. Иммунологическая оценка устойчивости к наиболее вредоносным болезням проводилась на естественном инфекционном фоне. Учет болезней томатов проводили путем осмотра 10-20 растений на

делянке, интенсивность развития определяли в баллах по шкале:

- 0 – болезнь отсутствует;
- 0,1 – единичные пятна на листьях;
- 1 – пятна на листьях трудно поддаются подсчету, поражение охватывает не более 1/3 листьев;
- 2 – поражение охватывает до 2/3 листьев;
- 3 – значительная часть листьев отмирает [9].

Подготовка почвы осуществлялась с соблюдением существующих зональных рекомендаций [10].

Результаты и обсуждение

В результате длительной селекционной работы с проведением индивидуального и последующих массовых отборов, всесторонней оценки селекционных линий по комплексу основных морфо-биологических, хозяйственно ценных признаков и уровню адаптации к почвенно-климатическим факторам Дальневосточного региона были получены новые сорта томата различных сроков созревания: скороспелый сорт Заря Востока и среднеспелые сорта: Дуняша, Амурский утес, районированные с 2008 года, и сорта Клад и Галант, внесенные в Госреестр селекционных достижений РФ в 2017 и 2018 годах соответственно.

Заря Востока – раннеспелый, детерминантный, среднерослый, высокоурожайный. Число суток от полных всходов до начала созревания – 103-110. Создан методом индивидуального отбора из сорта Амурская заря в период 1996-2003 гг. на естественном инфекционном фоне. Отличается дружной отдачей урожая за первые 10-15 дней сборов. Плоды округлой формы, редко округло-плоские, интенсивной розовой окраски, массой до 100-120 г. Устойчив к вершинной гнили. Средняя урожайность сорта – 456,5 ц/га. Содержание сухого вещества – 4,9-5,9% и витамина С – 16,1-20,6 мг%. Ценность сорта: устойчивость к растрескиванию, транспортабельность, высокие вкусовые качества, универсальность использования. Хорошо переносит засуху и жару, среднеустойчив к переувлажнению, холоду и повышенной кислотности почвы. Растение не требует дополнительного формирования и подвязывания к кольям.



Рис. 1. Сорт Заря Востока
Fig. 1. The Zarya Vostoka variety

Дуняша – детерминантный, среднерослый, среднеспелый, высокоурожайный. Число суток от полных всходов до начала созревания – 112-116. Плоды округло-овальные, оранжево-красные, мясистые, массой до 100-130 г. Урожайность в годы исследований составила 490 ц/га. Отличается высоким содержанием сухого вещества – 5,7-6,5% и витамина С – 20,1-22,2 мг%. *Происхождение:* Хабаровский красный 350 x Глория. *Ценность сорта:* высокая урожайность, высокие вкусовые качества, устойчивость к растрескиванию, транспортабельность, высокие вкусовые качества, универсальность использования. Растение требует дополнительного формирования с обязательным пасынкованием и подвязыванием к кольям или шпалере.



Рис. 2. Сорт Дуняша
Fig. 2. The Dunyasha variety

Амурский утес – среднеспелый, среднерослый, индетерминантный штамбовый. От полных всходов до начала созревания проходит 112-116 суток. Плоды удлиненно-овальной формы, красные, мясистые, массой 60-75 г. *Исходные формы:* Хабаровский засолочный 131 x Хабаровский штамбовый 193. *Ценность сорта:* высокая урожайность, высокие вкусовые качества, устойчивость к растрескиванию, транспортабельность, превосходны для цельноплодного консервирования. Растение требует дополнительного формирования с обязательным пасынкованием и подвязыванием к кольям или шпалере.



Рис. 3. Сорт Амурский утес
Fig. 3. The Amursky utios variety

Целью наших дальнейших исследований (2008-2018 годы) являлось создание нового штамбового сорта томата с коротким периодом вегетации, формирующим урожай до появления и распространения заболеваний и высоким продуктивным потенциалом.

Работа по созданию нового сорта с заданными параметрами (скороспелостью, продуктивностью, штамбовым типом куста) была начата в 2008 году путем проведения межсортных скрещиваний между сортами: Стрелка х Волгоградский 5/95 и Волгоградский 5/95 х Заря Востока с последующими многократными отборами на естественном инфекционном фоне. Результатом проделанной селекционной работы стало создание двух новых сортов: Клад и Галант, успешно прошедших Государственное сортоиспытание и включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2017 и 2018 гг. соответственно.

Клад – среднеспелый сорт. Число суток от полных всходов до начала созревания 110-112. Растение обыкновенного детерминантного типа, среднерослое. Плоды округлые, красные, ровные, плотные, среднего размера, массой до 150 г, высоких вкусовых качеств. Содержание сухого вещества – 4,22%, сумма сахаров – 2,47% и витамина С – 8,23 мг%. За годы исследований общая урожайность с 1 м² составила – 4,2 кг (420 ц/га). Урожай ранней продукции с 1 м² составил – 1,8 кг, или 42,8% от общей урожайности. *Исходные формы:* Стрелка х Волгоградский 5/95. *Ценность сорта:* высокая товарность плодов (до 85 %), дружная отдача урожая, длительное плодоношение. Плоды обладают высокой устойчивостью к растрескиванию, характеризуются хорошей транспортабельностью и устойчивостью к вершинной гнили плодов. Сорт рекомендуется для выращивания в открытом грунте и временных пленочных укрытиях. Плоды предназначены для цельноплодного консервирования и использования в свежем виде.



Рис. 4. Сорт Клад
Fig. 4. The Klad variety

Галант – среднеспелый, индетерминантный, штамбовый. Число суток от полных всходов до начала созревания 108-112. Плоды округлые, плотные, красные, массой 90-100 г. Ценность сорта: штамбовый тип куста, высокая урожайность, высокие вкусовые качества, устойчивость к растрескиванию, транспортабельность, высокая товарность урожая, универсального использования. Характеризуется устойчивостью к засухе и высоким положительным температурам. Среднеустойчив к переувлажнению, холоду и повышенной кислотности почвы. Исходные формы: раннеспелый сорт Заря Востока – сорт местной селекции, использовался в селекционном процессе в качестве донора скороспелости, а Волгоградский 5/95 – штамбового типа растения. Качество плодов определяется не только формой, массой, окраской, но и биохимическими показателями. Содержание сухого вещества у новых сортов Галант и Клад оказалась выше этого показателя у сорта-стандарта на 1,6 и 1,36%, соответственно. Показатели витамина С в плодах у сорта Галант и Клад на 5,32 и 6,98 мг%, соответственно, превышали данный показатель у сорта Хабаровский розовый 308 (табл. 1).



Рис. 5. Сорт Галант
Fig. 5. The Galant variety.

Наиболее вредоносными заболеваниями томата на Дальнем Востоке – фитофтороз [*Phytophthora infestans*], септориоз [*Septoria lycopersici*] и альтернариоз [*Alternaria solani*]. Причем на Дальнем Востоке зачастую распространены наиболее агрессивные расы.

Первый фитопатологический учет на устойчивость растений к септориозу и фитофторозу в 2019 году проводили 13 августа. Более 90% селекционных сортообразцов оказались устойчивыми к септориозу листьев. В этом же году сложились благоприятные условия для развития фитофтороза, получившему к концу вегетации эпифитотийное развитие. В результате чего на 26 августа все растения томата оказались сильно пораженными данным заболеванием. Поражение как плодов, так и листьев оказалось на уровне 80-100%. Наибольший иммунитет проявили местные сорта: Заря Востока, Хабаровский розовый 308, Галант и Амурский утес с развитием болезни 50,0-60,0% (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика новых районированных сортов томата, 2017-2018 годы
Table 1. Characteristics of new zoned tomato varieties, 2017-2018

Сорт	Характеристика плодов		Урожайность, кг/м ²			Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг, %
	форма/окраска	масса, г	общая	товарная, %	прибавка к ст., кг/м ²			
Хабаровский розовый 308, ст.	округлая/розовая	90	2,0	77,2	-	3,88	4,02	22,62
Галант	округлая/красная	100	2,6	82,5	0,6	5,24	3,31	27,94
Клад	овальная/красная	120	3,5	79,8	1,5	5,48	3,9	29,60
НСР _{0,5}			0,76					

Таблица 2. Интенсивность развития болезней на дальневосточных сортах томата
Table 2. Intensity of disease development on Far Eastern tomato varieties

Сорт	2019 год				2020 год	
	септориоз	фитофтороз		% пораженных плодов	альтернариоз	
		развитие болезни, %			развитие болезни, %	% пораженных плодов
Дуняша	7,7	63,3		60,8	56,2	5
Амурский утес	1,7	50,9		40,6	56,0	2
Заря востока	37,5	53,6		40,2	46,7	3
Клад	15,5	61,3		60,0	62,3	3
Галант	1,7	50,0		50,8	50,0	7
Хабаровский розовый 308, ст.	18,3	60,0		62,3	56,7	5

В 2020 году учет листостебельных инфекций томата проведен на 24 сортах коллекционного питомника, 34 образцах селекционного питомника и 6 районированных сортах в питомниках размножения томата. Агрометеорологические условия вегетации способствовали развитию альтернариоза на растениях томата, первые признаки которого появились в середине июля на нижних листьях в виде единичных пятен. К концу августа средний уровень развития заболевания в коллекционном питомнике составлял 88,5%, в селекционном питомнике – 72,7%, в питомниках размножения дальневосточных сортов – 54,6%. У сорта Заря Востока отмечен наименьший уровень развития данного заболевания (46,7%). В период вегетации 2020 года других болезней на учетной площади не выявлено. Наиболее распространенным заболеванием томата в регионе является фитофтороз. Болезнь проявляется в годы с избыточным увлажнением и пониженными температурами. Примечательно, что в течение последних

4-5 лет данное заболевание стало менее распространено и проявляется лишь в отдельные годы в конце вегетационного периода, не причиняя существенного вреда растениям томата.

Закключение

Дальнейшая селекционная работа по данному направлению продолжается. В качестве исходного материала привлекаются формы различного эколого-географического происхождения из коллекции генетических ресурсов института растениеводства им. Н.И. Вавилова. Налажено активное взаимовыгодное сотрудничество и с другими НИУ страны, с которыми происходит регулярный обмен семенным материалом. Подготовлен к передаче в Государственное сортоиспытание новый сорт томата, обладающий повышенной устойчивостью к наиболее вредоносным болезням, стрессовым факторам среды и высоким продуктивным потенциалом.

Об авторах:

Галина Антониевна Кузьмицкая – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела овощных культур и картофеля, Researcher ID 57218835250, galina-kuzmitskaya@mail.ru

Галина Евгеньевна Шестопалова – научный сотрудник отдела овощных культур и картофеля

About the authors:

Galina A. Kuzmitskaya – Cand. Sci (Agriculture), Leading Researcher of the Department of Vegetable Crops and Potatoes, Researcher ID 57218835250, galina-kuzmitskaya@mail.ru

Galina E. Shestopalova – Researcher of the Department of Vegetable Crops and Potatoes

Литература

- Добродькин А.М., Никонович Т.В., Добродькин М.М. и др. Изучение экологической стабильности и адаптивной способности гетерозисных гибридов томата с повышенной лежкостью плодов в открытом грунте. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(3):128-132.
- Речеч Р.К. Характер наследования признаков в гибридах томата F1 вишневого и коктейльного типа. *Вестник КрасГАУ*. 2017;(3):9-15.
- Корнилов А.С. Биологические аспекты селекции овощных культур на юге Дальнего Востока. Международный симпозиум по селекции и семеноводству овощных культур: Материалы докладов, сообщений. М., ГУП «Типография», 1999. С.161-163.
- Гамаюнова Е.А. Помидоры на Дальнем Востоке. Хабаровск, 1960. 15 с.
- Кузьмицкая Г.А., Агеева О.Ю. Томат Клад для Дальнего Востока. *Картофель и овощи*. 2017;(8):36-37.
- Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: Агропромиздат, 1992. 319 с.
- Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Н., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодородстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994. 383 с.
- Руководство по проведению обследований сельскохозяйственных культур в Хабаровском крае и информационному обеспечению прогнозов распространения и развития их вредителей, болезней, сорняков. Хабаровск, 2000. 72 с.
- Гаврилов А.А., Шутко А.П., Марюхина А.Г. Фитосанитарная диагностика болезней растений: Учебное пособие. Ставрополь: Изд-во Ст ГАУ «Аргус», 2004. 76 с.
- Зональная система земледелия Хабаровского края: производственно-практический справочник. Хабаровск, 2017. С.127-152.

References

- Dobrodin A.M., Nikonovich T.V., Dobrodin M.M. Research into ecological stability and adaptability of heterosis hybrids of tomato with increased storability of fruits in open ground. *Bulletin of the belarussian state agricultural academy*. 2019;(3):128-132. (In Russ.)
- Rechec R.K. Character of inheritance of signs in the hybrids of tomato F1 of cherry and cocktail types. *Vestnik KrasGAU*. 2017;(3):9-15. (In Russ.)
- Kornilov A.S. Biological aspects of vegetables breeding in the South of Far East. M. GUP «Tipografiya», 1999. P.161-163. (In Russ.)
- Gamayunova E.A. Tomatoes in the Far East. Khabarovsk, 1960. 15 p. (In Russ.)
- Kuzmitskaya G.A. A new variety of tomato Klad. *Potato and vegetables*. 2017;(8):36-37. (In Russ.)
- Belik V.F. Methodology of experimental work in vegetable growing. M. Agropromizdat, 1992. 319 p. (In Russ.)
- Moiseichenko V.F., Zaverukha A.N., Trifonova M.F. Bases of scientific researches in fruit growing, vegetable growing and viticulture. M.: Kolos, 1994. 383 p. (In Russ.)
- Guidelines for conducting surveys of crops in the Khabarovsk territory and information support of forecasts of the spread and development of their pests, diseases, weeds. Khabarovsk, 2000. 72 p. (In Russ.)
- Gavrilov A.A., Shutko A.P., Maryukhina A.G. Phytosanitary diagnostics of plant diseases: Textbook. Stavropol: Publishing house of St GAU "Argus", 2004. 76 p. (In Russ.)
- Zonal farming system of the Khabarovsk Territory: production and practical reference book. Khabarovsk, 2017. P. 127-152. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-53-56>
УДК 635.649:631.52(571.1)

Н. Ю. Антипова, Е. В. Кашнова

Западно-Сибирская овощная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ЗСООС – филиал ФГБНУ ФНЦО) 656904, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, с. Лебяжье, ул. Опытная станция – 22

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Антипова Н.Ю., Кашнова Е.В. Современные аспекты и итоги селекции перца сладкого в Западной Сибири. *Овощи России*. 2021;(4):53-56.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-53-56>

Поступила в редакцию: 28.05.2021

Принята к печати: 12.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Natalya Yu. Antipova, Elena V. Kashnova

West Siberian Vegetable experimental station – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (WSVES – Branch of the FSBSI FSVC) st. Experimental station-22, Lebyazhye, Barnaul, Altai Krai, Russia, 656904

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

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

For citations: Antipova N.Yu., Kashnova E.V. Modern aspects and results of sweet pepper breeding in Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):53-56. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-53-56>

Received: 28.05.2021

Accepted for publication: 12.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Современные аспекты и итоги селекции перца сладкого в Западной Сибири



Резюме

Актуальность. В Сибири перец сладкий выращивают как в открытом, так и в защищенном грунте. Для короткого сибирского лета важно иметь сорта, приспособленные к местному биоклиматическому потенциалу: скороспелые, для получения ценной продукции в середине лета, и возможности ведения семеноводства. Приоритетное направление – создание сортов устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды, с высокой урожайностью, качеством продукции, высоким содержанием витамина С.

Материалы и методы. Исследования проводили в плёночных необогреваемых теплицах и в открытом грунте на Западно-Сибирской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ Федерального научного центра овощеводства. Материалом для исследований служили коллекционные, селекционные образцы, сорта перца.

Результаты и их обсуждение. Селекционная работа по культуре перца сладкого на Западно-Сибирской овощной опытной станции начата в конце 60-х годов прошлого столетия, активная работа – в начале 90-х годов. Условия резко континентального климата, с его коротким безморозным периодом требуют создания сортов, способных получать товарный урожай перца, не смотря на отрицательное воздействие биофакторов. Использование скороспелых сортов дает гарантированный урожай за счет ухода от ранних осенних заморозков. Селекция на скороспелость – одно из главных направлений сибирской селекции. За годы отбора были созданы модели будущих сортов, создано более 20 сортов перца сладкого различных сортотипов. Полученные на станции сорта относятся к раннеспелой группе, с периодом от всходов до первого сбора плодов – 98-116 суток, высотой 40-80 см в период плодоношения, компактные, пригодные для выращивания без подвязки к шпалере. В результате проведенной комплексной оценки исходного селекционного материала отобраны доноры хозяйственно ценных признаков, включение которых в селекционный процесс, способствовало созданию ряда скороспелых сортов перца различных сортотипов. Созданные сорта имеют высокий биологический потенциал по адаптивности, продуктивности, биохимическим показателям. Пригодны для выращивания в различных секторах производства.

Ключевые слова: перец сладкий, селекция, образец, сорт, масса плода, отбор

Modern aspects and results of sweet pepper breeding in Western Siberia

Abstract

Relevance. In Siberia, sweet pepper is grown both in the open and in the protected ground. For a short Siberian summer, it is important to have varieties adapted to the local bioclimatic potential: early ripening, for obtaining valuable products in the middle of summer, and the possibility of conducting seed production. The priority direction is the creation of varieties that are resistant to abiotic and biotic environmental factors, with high yield, product quality, and high vitamin C content.

Materials and methods. The research was carried out in film unheated greenhouses and in the open ground at the West Siberian Vegetable Experimental Station-a branch of the Federal Research Center for Vegetable Growing. The material for research was collected, selected samples, varieties of pepper.

Results and discussion. Breeding work on the culture of sweet pepper at the West Siberian Vegetable Experimental Station was started in the late 60s of the last century, active work – in the early 90s. The conditions of the sharply continental climate, with its mild frost-free period, require the creation of varieties capable of obtaining a commercial pepper crop, despite the negative impact of biofactors. The use of precocious varieties gives a guaranteed harvest by avoiding early autumn frosts. Breeding for precocity is one of the main directions of Siberian breeding. Over the years of selection, models of future varieties were created, more than 20 varieties of sweet pepper of various varietal types were created. The varieties obtained at the station all belong to the early-maturing group, with a period from germination to the first fruit harvest-98-116 days, a height of 40-80 cm during the fruiting period, compact, suitable for growing without a garter to the trellis. As a result of a comprehensive assessment of the initial breeding material, donors of economically valuable traits were selected, the inclusion of which in the breeding process contributed to the creation of a number of precocious pepper varieties of various variety types. The created varieties have a high biological potential in terms of adaptability, productivity, and biochemical parameters. Suitable for growing in various production sectors.

Keywords: sweet pepper, selection, sample, variety, fruit weight, selection

Введение

Несмотря на то, что перец сладкий не относится к традиционным сибирским овощам, постоянно растет спрос и потребление плодов перца. Удовлетворить этот спрос можно за счет увеличения продуктивности и сортового разнообразия. В повышении величины и качества урожая сохраняется основополагающая роль сорта. Меняются и ужесточаются потребительские требования к сортам. Активное использование плодов перца в домашней кулинарии увеличивает спрос, становятся востребованными плоды различной формы, окраски, размера. Изменилось и использование плодов: их используют не только для салатов в свежем виде, растет сортимент консервов домашней кулинарии, где перец зачастую используется как главный ингредиент. Замораживание перца – очень популярная заготовка сейчас у местного населения. Новые сортообразцы должны обладать высоким содержанием и улучшенным набором биологически активных веществ, важных для здоровья человека [1].

Создание конкурентоспособных урожайных сортов с высоким качеством плодов, обладающих устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды региона возделывания, является актуальной задачей.

Сибирская селекция ведется по нескольким направлениям, основными аспектами ее являются:

- создание генисточников для селекции на раннеспелость, урожайность, улучшенные качества плодов;
- создание сортов для различных направлений использования плодов;
- создание сортов для открытого грунта и необогреваемых пленочных теплиц.

Особый микроклимат весенних теплиц на приусадебных участках, где выращивается большая часть сортов перца, требует создания специальных сортов. Сорт должен обладать холодостойкостью, хорошей завязываемостью, продуктивностью [2-3].

Условия, материалы и методы

Исследования проводили в пленочных необогреваемых теплицах и в открытом грунте на Западно-

Сибирской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства. Климат местности – резко континентальный, характеризующийся коротким безморозным периодом. Посев семян проводили в третьей декаде марта, пикировку – во второй декаде апреля, высадку растений на постоянное место в необогреваемые пленочные теплицы в третьей декаде мая, в открытый грунт – в первой-второй декаде июня. Схема посадки – 50х25 см, 8 растений на 1 м². Растения выращивали без формирования, по агротехнике, общепринятой на станции.

Иммунологическую оценку проводили на искусственном инфекционном фоне на Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО, на естественном фоне – на Западно-Сибирской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО.

Материалом для исследований служили коллекционные, селекционные образцы, сорта перца.

В селекционной работе использовали методы аналитической и синтетической селекции.

Закладку опытов и исследования проводили с использованием методик общепринятых в селекции и овощеводстве [4-6].

Результаты и их обсуждение

Селекционная работа по культуре перца сладкого на Западно-Сибирской овощной опытной станции начата в конце 60-х годов прошлого столетия, активная работа – в начале 90-х годов. Скрининг мировой коллекции и создание сибирского генофонда – важные этапы селекционной работы. Они продолжаются и сейчас. Были созданы модели будущих сортов. Их параметры разработаны в зависимости от спроса населения, агротехники выращивания. Сортотипов перца много, поэтому у селекционера немало возможностей для получения разнообразного сортимента.

Условия резко континентального климата, с его коротким безморозным периодом требуют создания сортов, способных, не смотря на отрицательное воздействие биофакторов, получать товарный урожай перца. Использование скороспелых сортов дает гаран-

Таблица 1. Хозяйственно ценные признаки сортов
Table 1. Commercially valuable traits of varieties

Сорта	Период от всходов до технической спелости, сут.	Товарная урожайность		Масса плода, г
		пленочные теплицы, кг/м ²	открытый грунт, т/га	
Сибирский князь	106-114	4,1-5,5	30-42	80-150
Подарок лета	108-112	4,1-6,0	26-40	70-150
Золотая пирамида	107-116	4,0-6,1	30-32	110-300
Кадриль	98-103	5,5-7,0	20-40	160-170
Хитрая лиса	110-112	4,5-5,6	35-38	94-180
Викинг	98-118	4,5-6,0	39-41	85-220
Веселая соседка	98-102	4,0-6,0	40-42	110-170
Вальс	91-102	4,1-7,2	26-28	100-280
Кавалер	106-114	4,0-5,1	30-33	80-150
Солнечная улыбка	93-101	4,9-6,1	25-28	80-120
Веселинка	105-114	4,2-6,0	26-30	90-180
Факир	90-100	4,0-6,2	30-32	50-150
Первенец Романцова	95-105	4,0-5,8	30-34	50-150
Сиреневый блеск	100-104	4,0-5,7	30-31	100-150

Таблица 2. Качество плодов перца в технической и биологической спелости
Table 2. Quality of pepper fruits in technical and biological ripeness

Название сорта	Сахар, %	Витамин С, мг%	Флавонолы, мг%
Сибирский князь	2,0-3,9	117-154	33-73
Подарок лета	2,9-5,7	129-169	15
Золотая пирамида	2,9-5,7	114-237	29-80
Кадриль	2,4-3,9	132-212	40
Хитрая лиса	2,8-4,6	128-198	43
Викинг	2,6-3,8	120-170	38-40
Веселая соседка	3,0-4,6	137-224	20-73
Вальс	2,8-5,1	123-191	40
Кавалер	2,3-3,5	121-254	32-58
Солнечная улыбка	3,1-5,2	146-248	35-52
Веселинка	2,5-5,0	121-176	59
Факир	2,4-4,4	127-189	39
Первенец Романцова	2,5-4,4	150-234	44-112
Сиреневый блеск	2,5-4,6	110-159	47-124

тированный урожай за счет ухода от ранних осенних заморозков. Селекция на скороспелость – одно из главных направлений сибирской селекции. Полученные на станции сорта все относятся к раннеспелой группе, с периодом от всходов до первого сбора плодов – 90-116 суток (табл. 1). Скороспелость полученных сортов дает возможность получать плоды в биологической спелости, которые пользуются повышенным спросом (особенно в период заготовок впрок) и что особенно важно для производства, позволяет получать семена перца.

Как для открытого грунта, так и для теплиц важна высокая стабильная урожайность. На продуктивность перца оказывают влияние такие признаки, как число плодов на растении и их масса, которая определяется толщиной перикарпия и размером плода. Что касается габитуса растений при создании сортов для пленочных теплиц, то перспективны образцы высотой 40-80 см в период плодоношения, компактные, пригодные для выращивания без подвязки к шпалере.

Селекционные образцы оценивали по продолжительности вегетационного периода, продуктивности, товарности плодов, средней массе плода, толщине перикарпия. Проводили биометрические измерения растений и плодов, фиксировали морфологические признаки сортообразцов. Выделившиеся образцы по сумме хозяйственно ценных признаков, использовали в качестве доноров для различных направлений селекции.

В селекционной работе, направленной на создание высококачественных сортов, определяющим критерием является содержание в плодах витамина С, флаво-

нолов и каротина. Дегустационная оценка также служит важной оценкой вкусовых качеств сорта.

Регулярная оценка биохимического состава позволила выделить образцы, пригодные в качестве исходного материала для улучшения качества плодов.

В результате многолетней селекционной работы на Западно-Сибирской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО создано более 20 сортов перца сладкого, урожайных, с высоким качеством плодов, различных сортотипов, многие из которых долгие годы востребованы в производстве (табл. 1, 2).

Более востребованы сорта конусовидных сортотипов, поэтому в сортименте преобладают именно такие, различающиеся по размеру, окраске плода в технической и биологической спелости: Сибирский князь, Подарок лета, Золотая пирамида, Кадриль, Хитрая лиса, Кавалер, Мустанг, Солнечная улыбка, Первенец Романцова, Сиреневый блеск, Морозко. Сорта Викинг, Веселая соседка, Вальс, Веселинка – призматические, в биологической спелости плоды красные и желтые.

Сорта Малахит и Факир, имеющие узкоконусовидную форму плода, пользуются спросом при цельноплодном консервировании, блюд, где перец нарезается «колечками». Эти сорта отличаются высокой завязываемостью и дружной отдачей плодов.

Плоды сорта Факир с плотной кожицей, за счет этого они хорошо хранятся и не повреждаются при ранних осенних заморозках.

Сорта Первенец Романцова (плоды светло-зеленые/красные), Солнечная улыбка (плоды

Таблица 3. Иммунологическая оценка сортов (искусственный инфекционный фон)
Table 3. Immunological assessment of varieties (artificial infectious background)

Название сорта	Степень развития болезни, %		
	фузариозное увядание	вирусное увядание	альтернариоз
Подарок лета	5,0	10,0	10,0
Золотая пирамида	10,0	10,0	5,0-10,0
Кадриль	15,0	20,0	10,0
Малахит	12,0	5,0-20,0	5,0-25,0
Викинг	15,0	10,0	10,0
Султан	5,0-10,0	0-10,0	5,0-10,0
Вальс	10,0	10,0	10,0
Мустанг	0-20,0	5,0	5,0-10,0
Морозко	30,0	25,0	15,0
Веселинка	15,0	10,0	20,0
Факир	20,0	19,0	20,0
Сиреневый блеск	5,0	10,0	5,0
Сибирский князь	25,0	15,0	10,0

зеленые/оранжевые), Сиреневый блеск (плоды сиреневые/темно-красные) уникальны по сочетанию таких важных для Сибири признаков, как скороспелость, адаптивность и высокое содержание витамина С в плодах – 110-248 мг%.

Для переработки пользуются спросом крупноплодные сорта, предпочтительно в биологической спелости плодов – Золотая пирамида, Викинг, Вальс, Мустанг, Султан.

Все сорта проверены на пригодность выращивания, как в открытом грунте, так и в весенних теплицах. В теплицах товарная урожайность сортов составляет 4,0-7,2 кг/м², в открытом грунте – 20-40 т/га (табл. 1). Созданные сорта районированы для нескольких регионов выращивания, чем доказали свою стабильность и адаптивность. Пригодны для салатного

потребления, многих видов домашней кулинарии, краткосрочного хранения и замораживания. Они относительно устойчивы или слабовосприимчивы к основным болезням (табл. 3).

Выводы

В результате проведенной комплексной оценки исходного селекционного материала, отобраны доноры хозяйственно ценных признаков, включение которых в селекционный процесс способствовало созданию ряда скороспелых сортов перца различных сортов-типов. Созданные сорта имеют высокий биологический потенциал по адаптивности, продуктивности, биохимическим показателям, относительно устойчивые к болезням. Пригодны для выращивания в различных секторах производства.

Об авторах:

Наталья Юрьевна Антипова – старший научный сотрудник
Елена Васильевна Кашнова – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, nauka.zsos@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7508-0960>

About the authors:

Natalya Yu. Antipova – Senior Researcher
Elena V. Kashnova – Cand. Sci. (Agriculture), Leading researcher, nauka.zsos@mail.ru, , <https://orcid.org/0000-0002-7508-0960>

• Литература

1. Антипова Н.Ю. Использование исходного материала для создания новых сортов перца для открытого грунта. *Перспективы развития современных сельскохозяйственных наук, Выпуск IV., Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции* (11 декабря 2017г.). Воронеж, 2017. С. 9-10
2. Антипова Н.Ю. Использование сибирского генофонда перца для селекции сортов для весенних теплиц. *Перспективы развития современных сельскохозяйственных наук, Выпуск IV, Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции* (11 декабря 2017 г.). Воронеж, 2017. С.10-12.
3. Мамедов М.И., Пышная О.Н., Енгальцева И.А. Разработка технологии селекционного процесса сортов перца сладкого для регионов с пониженной теплообеспеченностью. *Овощи России*. 2008;(1-2):34-37. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2008-1-2-34-37>
4. Методические указания по селекции сортов и гибридов перца, баклажана для открытого и защищенного грунта. М., 1997. 88 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.1975. С.10.

• References

1. Antipova N.Yu. Using the source material to create new varieties of pepper for open ground. *Prospects for the development of modern agricultural sciences, Issue IV., Collection of scientific papers on the results of the international Scientific and practical Conference* (December 11, 2017 – Voronezh, 2017. P.9-10. (In Russ.)
2. Antipova N.Yu. The use of the Siberian pepper gene pool for breeding varieties for spring greenhouses. *Prospects of development of modern agricultural Sciences, Issue IV, proceedings of the international scientific-practical conference* (11 Dec 2017) – Voronezh, 2017. P.10-12. (In Russ.)
3. Mamedov M., Pyshnaya O., Engalycheva I. An elaboration of technology for bell pepper breeding for the regions with reduced heating supply. *Vegetable crops of Russia*. 2008;(1-2):34-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2008-1-2-34-37>
4. Guidance on the selection of varieties and hybrids of pepper, aubergine to open and protected ground. М., 1997. 88 p. (In Russ.)
5. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. М.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
6. Methods of state variety testing of agricultural crops. М., 1975. P.10. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-57-64>
УДК 635.1/.7:581.1.045

А.Ю. Федосов,
А.М. Меньших, М.И. Иванова

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

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Федосов А.Ю., Меньших А.М., Иванова М.И. Оценка водного следа овощных культур. *Овощи России*. 2021; (4):57-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-57-64>

Поступила в редакцию: 26.06.2021

Принята к печати: 11.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Aleksandr Y. Fedosov,
Aleksandr M. Menshikh, Maria I. Ivanova

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center
500, Vereya, Ramensky district, Moscow region, Russia

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

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article.

For citations: Fedosov A.Y., Menshikh A.M., Ivanova M.I. Assessment of water footprint of vegetable crops. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):57-64. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-57-64>

Received: 26.06.2021

Accepted for publication: 11.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Оценка водного следа овощных культур



Резюме

Актуальность. Сельскохозяйственное производство является основным потребителем воды. В мировом масштабе около 70% пресной воды ежегодно используется для сельскохозяйственного (продовольственного и непродовольственного) производства. Почти 40% мировых запасов продовольствия производится за счет орошения. Во всем мире нехватка воды для орошения из-за конкуренции между промышленностью и городским потреблением угрожает продовольственной безопасности. Ожидается, что будущий рост населения, рост доходов и изменения в питании повысят спрос на воду. Темпы потепления на территории России с середины 1970-х годов примерно в 2,5 раза превосходят среднеглобальные. Наибольшая скорость прироста температуры имеет место в высоких широтах. Потеплению подвержена вся территория России как в целом за год, так и во все сезоны. Учет водного следа (WF), предложенный Сетью водного следа (WFN), потенциально может предоставить важную информацию для управления водными ресурсами, особенно в регионах с дефицитом воды, которые полагаются на орошение для удовлетворения потребностей в продуктах питания.

Методика. Целью этого систематического обзора было сопоставление и обобщение имеющихся данных о глобальном использовании воды при производстве овощной продукции. Проведен поиск в онлайн-базах данных, охватывающих области окружающей среды, социальных наук, общественного здравоохранения, питания и сельского хозяйства. Поиск проводили с использованием предопределенных поисковых терминов, которые включали понятия «овощные культуры» и «водный след».

Результаты. В статье представлен краткий обзор водного следа овощеводства и устойчивости голубого водного следа. В целом, высокий зеленый или общий (зеленый + синий) WF может указывать на то, что овощные культуры имеют низкую урожайность или неэффективно используют воду. Низкий зеленый и высокий синий WF указывает на неэффективное использование дождевой воды, что может привести к чрезмерной эксплуатации поверхностных и грунтовых вод. Водный след можно считать хорошим экономическим эргометром, показывающим уровень потребления воды, необходимый для получения определенной овощной продукции, независимо от того, приносит ли он экономические выгоды или нет, полезен для общества или нет.

Ключевые слова: управление водными ресурсами, водный след, овощные культуры

Assessment of water footprint of vegetable crops

Abstract

Relevance. Agricultural production is the main consumer of water. Globally, about 70% of fresh water is annually used for agricultural (food and non-food) production. Nearly 40% of the world's food supply comes from irrigation. Globally, the scarcity of irrigation water due to competition between industry and urban consumption threatens food security. Future population growth, income growth and changes in nutrition are expected to increase demand for water. The rate of warming in Russia since the mid-1970s about 2.5 times the global average. The highest rate of temperature increase occurs at high latitudes. The entire territory of Russia is subject to warming, both as a whole for the year and in all seasons. Water Footprint Accounting (WF), proposed by the Water Footprint Network (WFN), has the potential to provide important information for water management, especially in water-stressed regions that rely on irrigation to meet food needs.

Methodology. The purpose of this systematic review was to collate and synthesize available data on global water use in vegetable production. Searched online databases covering the areas of environment, social sciences, public health, nutrition and agriculture: Web of Science Core Collection, Scopus, OvidSP MEDLINE, EconLit, OvidSP AGRIS, EBSCO GreenFILE, and OvidSP CAB Abstracts. The search was conducted using predefined search terms that included the concepts of "vegetable crops" and "water footprint".

Results. This article provides a brief overview of the vegetable growing water footprint and the sustainability of the blue water footprint. In general, a high green or overall (green + blue) WF may indicate that the vegetable crops are having low yields or inefficient water use. Low green and high blue WF indicate inefficient use of rainwater, which can lead to overexploitation of surface and groundwater. The water footprint can be considered a good economic ergometer, showing the level of water consumption required to obtain a certain vegetable product, whether it brings economic benefits or not, beneficial to society or not.

Keywords: water resources management, water footprint, vegetable crops

Количество пищи, доступной для потребления человеком, зависит от использования сельскохозяйственных культур для других непищевых целей, таких как корм для животных, биоэнергетика и промышленное использование. В глобальном масштабе только 67% произведенных сельскохозяйственных культур (по массе) или 55% произведенных калорий доступны для непосредственного потребления человеком [4]. Оставшаяся часть урожая отправляется на корм животным (24% по массе) и на другое промышленное использование, включая биоэнергетику (9% по массе). Животноводство менее эффективно, чем растениеводство в превращении кормов в пищу для людей [24, 27]. В результате только 12% из 36% мировых калорий, используемых в кормах для животных, в итоге будут вносить вклад в рацион человека [4, 12].

Овощи играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности, являясь основными источником пищевых волокон, магния, калия и витаминов А и С, которые имеют решающее значение в питании человека. Овощная продукция очень скоропортящаяся, а растения чувствительны к непредсказуемым и экстремальным изменениям климата. Овощи на 80-95% состоят из воды, при этом урожай и качество продукции часто страдают от засухи [[1,2,3].

За последнее десятилетие разработаны многочисленные индикаторы для анализа степени и тенденций в достижении целей устойчивого развития. В контексте недавних глобальных экономических преобразований и постоянно растущей потребности в обеспечении устойчивости производственных систем водный след можно считать одним из наиболее актуальных и универсальных индикаторов, подчеркивающих устойчивость развития сельскохозяйственных систем, путем предоставления важных элементов при проектировании и реализации определенных вариантов, связанных с использованием воды. В ряде исследований

показана роль виртуальной торговли водой для глобальной экономии воды, сокращения дефицита воды и снижения риска нехватки воды [20,21,25].

Учет водного следа (WF), предложенный Сетью водного следа (WFN) в 2002 году, а также ГОСТ Р ИСО 14046-2017 «Экологический менеджмент. Водный след. Принципы, требования и руководящие указания» потенциально может предоставить важную информацию для управления водными ресурсами, особенно в регионах с дефицитом водных ресурсов, которые полагаются на орошение для удовлетворения потребностей в продуктах питания. Международная организация по стандартизации (ISO) 14046 (2014) и WFN Water Footprint Assessment Manual – это две международно признанные методологии оценки водного следа в стране, регионе или продукте [13, 17]. Обе методологии представляют разные типы воды для оценки водного следа. Таким образом, в стандарте ISO 14046 типы воды классифицируются как пресная, солоноватая, поверхностная, морская, грунтовые и ископаемые, а в Руководстве по оценке экологического следа WFN типы воды классифицируются как зеленая, синяя и серая вода.

Учет водного следа (WF) – это новый подход с целью более точной количественной оценки воздействия человеческой деятельности на количество и качество воды и руководства улучшенными решениями и управлением. Подробный тип водных ресурсов для синей воды установлен в соответствии с требованиями ISO 14046 (табл. 1). Кроме того, требования ISO 14044 интегрированы с методами WFN расчета количества косвенной воды и оценки воздействия на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла сельскохозяйственной и животноводческой продукции [16, 18].

В контексте растениеводства «Синие водные ресурсы» состоят в основном из поливной воды. Определяется как сумма испарения поливной воды с

Таблица 1. Типы воды по категориям данных
Table 1. Water types by data category

Виды деятельности Activities		Категория данных Data category	Тип воды Water type		
			зеленый green	синий blue	серый grey
Прямое использование воды Direct use of water	оросительная вода irrigation water	подземные воды, поверхностные воды groundwater, surface water		+	
	эффективные осадки effective precipitation	осадки precipitation	+		
	сточные воды wastewater	биохимическая потребность в кислороде, химическая потребность в кислороде, взвешенные твердые частицы, общий азот, общий фосфор biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, suspended solids, total nitrogen, total phosphorus			
Непрямое использование воды Indirect use of water	сырье / энергия raw materials / energy	сырье: семена, рассада, удобрение raw materials: seeds, seedlings, fertilizer	+	+	+
		пестициды, сельскохозяйственные материалы pesticides, agricultural materials			
		энергия: электричество, смазочное масло, мазут energy: electricity, lubricating oil, fuel oil			
	сточные воды wastewater	биохимическая потребность в кислороде, химическая потребность в кислороде, взвешенные твердые частицы, общий азот, общий фосфор biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, suspended solids, total nitrogen, total phosphorus			
	твердые отходы solid waste	шлам, упаковка отходов sludge, waste packaging			

полей и испарения воды оросительных каналов и созданных водохранилищ. Ресурсы поверхностных и подземных вод, которые доступны множеству пользователей, определяются как синяя вода. “Зеленые водные ресурсы” возникают в результате дождя, который накапливается в почве и доступен только для эвапотранспирации (ET_o). “Серые водные ресурсы” – это объем воды, загрязненной в процессе производства продукции, который определяется путем вычисления объема воды, необходимого для разбавления загрязняющих веществ, поступающих в природные водные системы в течение процесса производства, до получения качества воды, соответствующего стандартам.

Как показано на рисунке 1, граница системы для оценки водного следа агрокультуры включает посев, посадку, возделывание и уборку.

Прямое использование воды включает воду для орошения (т.е. поверхностные и подземные воды), осадки и сточные воды, включая показатели качества воды, такие как биохимическая потребность в кислороде, химическая потребность в кислороде, взвешенные твердые частицы, общий азот и общий фосфор [36]. Объем орошения рассчитывается путем исключения значения эффективных осадков и воды для культивирования из суммарного испарения, рассчитанного Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) с использованием уравнения Пенмана – Монтейта [10, 41].

Непрямое использование воды рассчитывается путем умножения коллективной деятельности на коэффициенты безвозвратного водопользования отдельных видов деятельности. Коэффициенты безвозвратного водопользования конвертируются из национальной базы данных инвентаризации жизненного цикла продукции.

Техническая процедура измерения прямого количества воды для каждой культуры включает оценку суммарного испарения для каждой овощной культуры, расчет необходимой поливной воды и измерение прямого количества воды (рис. 2).

Эффективное количество осадков определяется в зависимости от разницы между общим количеством осадков и фактическим суммарным испарением. Его можно измерить непосредственно по климатическим параметрам и используемым запасам почвы. На уровне

не земли вода от эффективных дождевых осадков классифицируется как поверхностный сток и инфильтрация. Уравнение (1) рассчитывает эффективное количество осадков.

$$Re(t) = D(t) - D(t-1) - Req(t) + ET_c(t) \quad (1)$$

где: $Re(t)$ – эффективное количество осадков в t дней (мм), $D(t)$ – влажность почвы в t дней (мм), $D(t-1)$ – влажность почвы в $t-1$ дней (мм), $Req(t)$ – чистый полив за 1 день (мм), а $ET_c(t)$ – потребление (или эвапотранспирация) культурой в момент t дней (мм).

Уравнения (2) и (3) показывают, если минимальное значение $D(t)$ меньше суммы $D(t-1)$ и $Re(t)$, поливная вода не требуется. Однако, если минимальное значение $D(t)$ больше суммы $D(t-1)$ и $Re(t)$, вычитают $ET_c(t)$. Вода для орошения затем рассчитывается как сумма максимального значения $D(t)$ и $ET_c(t)$ за вычетом суммы $D(t-1)$ и $Re(t)$.

$$If D_{min} \leq D(t-1) + Re(t), Req(t) = 0 \quad (2)$$

$$If D_{min} \geq D(t-1) + Re(t) - ET_c(t), Req(t) = D_{max} - D(t-1) - Re(t) + ET_c(t) \quad (3)$$

Количество необходимой воды для орошения пересчитывается в количество поверхностных и грунтовых вод с учетом скорости потребления источником воды, потребляемой в каждом регионе. Преобразованное использование поверхностных и грунтовых вод переводится в прямое потребление воды путем умножения индекса нехватки воды на источник воды, разработанного с использованием метода следа нехватки воды. Токийский университет [22, 40] предлагает следующий индекс дефицита воды (табл. 2).

Водные следы могут указывать на потребление воды, определяемое как потеря воды из конкретного водосбора, например, из-за испарения или переноса в другие водосборные бассейны, по всей производственной цепочке в расчете на выход продукции [13]. В то время как традиционно основное внимание уделялось производителям сельскохозяйственной продукции и техническим аспектам ирригации и дренажа для уменьшения воздействия на ресурсы пресной воды, WF потенциально позволяют решать водные пробле-

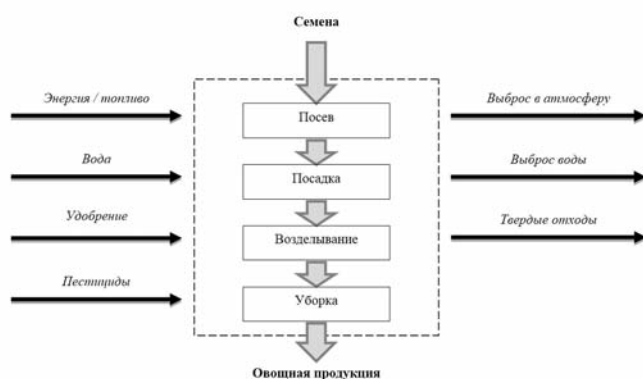


Рис. 1. Системные границы производства овощной продукции
Fig. 1. System boundaries of vegetable production



Рис. 2. Техническая процедура для прямого измерения количества воды для каждой овощной культуры
Fig. 2. Technical procedure for direct measurement of the amount of water for each vegetable crop

Таблица 2. Индекс дефицита воды по источникам воды [22,40]
Table 2. Index of water scarcity by water sources [22.40]

	Осадки Precipitation	Поверхностные воды : река Surface water: river	Поверхностные воды : резервуар Surface water: reservoir	Грунтовые воды Ground water
Индекс дефицита воды Water scarcity index	1.0	2.5	6.9	35.1

мы с помощью региональной торговой политики и отношения потребителей [7]. Учет WF также может предоставить показатели водопользования растениями в понятной форме, что может помочь фермерам улучшить управление водными ресурсами. Если WF могут быть созданы для ряда хорошо управляемых хозяйств, они могут служить ориентирами, которые могут использоваться другими фермерами для улучшения синего, зеленого и серого водного следа. Эффективное использование зеленой воды в сельском хозяйстве имеет существенное значение для минимизации использования ресурсов синей воды для орошения. Чрезмерное орошение нежелательно, поскольку может привести к заболачиванию, засолению почвы, загрязнению грунтовых вод, вымыванию питательных веществ и другим воздействиям на почву.

Однако расчет точных WF для короткосезонных овощных культур, таких как морковь, капуста, свекла столовая, брокколи и салат, представляет некоторые проблемы. Сроки посадки и вегетационные погодные условия влияют на результаты WF: объединение наборов данных о погоде, содержащих только показатели об осадках, минимальной и максимальной температуре, с наборами данных о солнечной радиации и скорости ветра, влияющими на модели овощных культур и результаты WF. Выбранная функциональная единица также может иметь большое влияние на результаты. Например, WF согласно подходу WFN, не учитывают растительные остатки, используемые для других целей, таких как компостирование и корм для животных. Использование выходов сухого вещества, а не свежей массы также влияет на показатели WF, что затрудняет сравнение. Чтобы преодолеть это, использование питательной ценности овощных культур в качестве функциональной единицы может напрямую связать использование воды с потенциальными выгодами, получаемыми от различных культур, и позволить более простые сравнения. Серый WF на основе азота не учитывает загрязнение воды, вызванное фосфатами, пестицидами и засолением. Недостаточное понимание роли азота затрудняет оценку азотных нагрузок на водоносный горизонт [19].

Проведен ряд исследований WF для различных культур, например, WFN рассчитала WF для нескольких культур из глобальных баз данных [26]. WF рассчитывали для выращивания капусты, томата, шпината и бобов, культивируемых мелкими фермерскими хозяйствами при различных схемах орошения [29]. WF потенциально могут быть полезным инструментом для количественной оценки прямого и косвенного водопользования, причем его гибкость особенно выгодна, поскольку можно применять к различным организациям, включая продукты, потребителей, предприятия и водосборные бассейны [32]. WF полезны для оценки использования воды с точки зрения экономической

выгоды и создания рабочих мест [31], а также для информирования разработчиков политики с целью улучшения устойчивого развития [30]. Подчеркнута важность вычисления WF с локальными данными и интерпретации WF в локальном контексте [29, 35].

WF рассчитывают согласно подходу WFN, как указано в уравнениях (4) и (5) соответственно [13]:

$$\text{След голубой воды} = \frac{\min(ETc, Irr)}{\text{Урожайность}} \quad (4)$$

$$\text{Экологический водный след} = \frac{[ETc - \min(ETc, Irr)]}{\text{Урожайность}} \quad (5)$$

где: ETc - суммарное испарение культурой (мм), Irr (мм) – норма общего полива от посадки до сбора урожая.

Сельскохозяйственная деятельность обычно связана с загрязнением воды из-за используемых пестицидов, удобрений и других агрохимикатов, которые можно экспортировать в водоемы. Загрязнение азотом (N) и фосфором (P) от сельского хозяйства привлекло большое внимание из-за хорошо известной роли, которую эти питательные вещества играют в эвтрофикации поверхностных водных ресурсов [6]. Хотя эвтрофикация может не стать проблемой, если N или P являются ограничивающими, важно минимизировать количество N и P, попадающих в поверхностные и подземные водные ресурсы. В водной экосистеме, где контролируются только уровни фосфора, избыток азота все же может привести к эвтрофикации водных ресурсов ниже по течению, включая эстуарии и прибрежные морские экосистемы [6]. Следовательно, при вычислении серого WF следует учитывать как N, так и P. Неорганический азот обычно более подвижен в почве, чем фосфат, поскольку фосфор адсорбируется на частицах глины [38]. Загрязнение азотом может также косвенно мобилизовать P за счет окисления геологических отложений пирита и увеличения уровней сульфатов, которые вступают в реакцию с соединениями железа, вызывая высвобождение и мобилизацию адсорбированного P, потенциально вызывая эвтрофикацию [38]. Азот также является наиболее распространенным сельскохозяйственным загрязнителем, который использовался для расчета серого WF [5,25-27], что позволяет проводить сравнения с широким спектром других исследований WF, описанных в литературе.

Серый WF определяют с использованием уравнения (6), полученного WFN [13] как:

$$\text{След серой воды} = \frac{N_{\text{нагрузка}}}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \cdot FW^{-1} \quad (6)$$

где: C_{max} и C_{nat} – максимальная и естественная фоновая концентрация загрязняющего вещества, соответ-

ственно. За C_{nat} приняты общие нормативы азота в сточных водах 15 мг/л. C_{nat} – это концентрация азота в воде при отсутствии человеческого фактора.

Водоносный горизонт имеет очень низкие концентрации N, в среднем 0,3 мг/л, и поэтому не отражает ожидаемого воздействия сельскохозяйственной деятельности. Таким образом, средние естественные концентрации азота в водоносном горизонте считаются отражающими естественные условия, несмотря на возможные воздействия от сельскохозяйственной деятельности, и принимают за C_{nat} .

Нагрузка азота, которая просачивается в водоносный горизонт, определяют путем оценки излишка азота, внесенного на посевах, вместе с коэффициентом стока выщелачивания в соответствии с методом, приведенным в Руководстве Gray WF [9]. Чтобы определить избыток азота, содержание азота в собранном продукте (представляет собой часть азота, которая поглощается растением и удаляется с поля) вычитают из дозы внесенного азота для формирования урожая.

Расчетный глобальный водный след (зеленый + синий) колеблется от 5938 до 8508 км³/год (табл. 3). Прогнозируется, что водный след увеличится на 22% из-за изменения климата и изменения землепользования к 2090 году. Примерно 57% глобального голубого водного следа нарушают требования к экологии, что

необходимы действия по повышению устойчивости водных ресурсов и защите зависимых от них экосистем. Некоторые из мер включают повышение продуктивности воды, установление контрольных показателей, установление пределов водного следа для каждого речного бассейна, перевод рациона питания на продукты с низким потреблением воды и сокращение пищевых отходов.

В таблице 4 приведены примеры расчетных среднемировых водных следов овощной продукции. Средний глобальный водный след для томата свежего составляет 214 л/кг, капусты кочанной – 237, салата – 238, огурца и тыквы – 353, томата сушеного – 4275 л/кг продукции.

Увеличение WF для овощных культур имеет следующий ряд в порядке уменьшения: зеленый > серый > синий (табл. 5). Высокий зеленый или общий (зеленый + синий) WF может указывать на то, что овощные культуры имеют низкую урожайность или неэффективно используют воду. Низкий зеленый и высокий синий WF указывает на неэффективное использование дождевой воды, что может привести к чрезмерной эксплуатации поверхностных и грунтовых вод [26].

Функциональную единицу определяют, как «количественное описание качества обслуживания (удовлетворенных потребностей) исследуемой продуктовой

Таблица 3. Оценка потребляемого водного следа (WF) мирового растениеводства
Table 3. Estimates of the consumed water footprint (WF) of world crop production

Ссылка Reference	Годы Years	Продукт Product	Глобальный водный след, связанный с производством сельскохозяйственных культур (км ³ / год) Global water footprint associated with crop production (km ³ / year)		
			зеленый green	синий blue	всего total
[13]	1997–2001	164 отдельных культур	5330	1060	6390
[37]	1998–2002	20 отдельных культур и 6 основных групп	5505	1180	6685
[11]	1985–1999	Предполагается, что один основной урожай в системе	5550	1530	7080
[8]	1998–2002	12 функциональных типов культур	6000	923	6923
[26]	1996–2005	164 отдельных культур	5771	899	6670
[34]	1971–2000	12 функциональных типов культур	7250 1	600–1258	7850–8508 1
[14]	1971–2000		4887	1121	6008
	2071–2099	12 категорий культур	5440	1909	7349

¹ Суммарная эвапотранспирация с пахотных земель, включая межвегетационный период.

¹ Total evapotranspiration from arable land, including the non-growing season.

Таблица 4. Средний глобальный водный след овощной продукции
Table 4. Average global water footprint of vegetable products

Vegetable products Овощная продукция	Средний глобальный водный след, л/кг Average global water footprint, l/kg
Капуста кочанная Cabbage	237
Огурец Cucumber	353
Салат Lettuce	238
Тыква Pumpkin	353
Томат свежий Fresh tomato	214
Томат сушеный Dried tomato	4275

Таблица 5. Синий, зеленый и серый WF свежей массы в качестве функциональной единицы при выращивании овощных культур [26]
Table 5. Blue, green and gray WF of fresh mass as a functional unit in the cultivation of vegetable crops [26]

Культура crop	WF (м³/т)			
	синий blue	зеленый green	синий + зеленый blue + green	серый grey
Морковь столовая	28	106	134	61
Капуста кочанная	26	181	207	73
Свекла столовая	26	82	108	25
Брокколи	21	189	210	75
Салат	28	133	161	77

Таблица 6. Связь между плотностью питательных веществ и водным следом собранного урожая овощей [24]
Relationship between nutrient density and water footprint of harvested vegetables [24]

Культура crop	Плотность питательных веществ Nutrient Density Score (NDS)	Зеленый-синий средний глобальный водный след (м³/т) Green-Blue Global Water Footprint Average (m³/ton)	Примечания относительно средних значений Notes on Averages
Шпинат Spinach	100.00	132	Считается темно-зеленым листовым овощем
Салат Lettuce	81.14	161	NDS - среднее значение для разновидностей
Капуста цветная Cauliflower	58.68	211	
Чили и перец, зеленые Chilies and peppers, green	56.56	282	NDS - среднее значение для разновидностей
Капуста белокочанная Cabbages	48.25	208	
Спаржа Asparagus	47.10	1643	
Окра Okra	42.32	511	
Томат Tomatoes	37.00	171	
Морковь Carrots	36.94	134	Богат витамином А
Тыква, кабачок Pumpkins, squash	28.41	252	NDS - среднее количество для разновидностей; оранжевая или темно-пожелтевшая мякоть, богатая витамином А
Фасоль, зеленая Beans, green	25.50	374	Съедобная часть - бобы
Горох, зеленый Peas, green	24.97	446	Предполагается, что едят бобы с семенами
Артишок Artichokes	18.44	720	
Огурец и корнишон Cucumbers and gherkins	15.74	249	
Баклажан Eggplants	12.34	267	
Лук и шалот, зеленый Onions and shallots, green	10.25	221	NDS - среднее значение для лука и шалота

системы». Функциональной единицей овощных культур, например, может быть урожай или их функция, например, пищевая ценность [33]. Несмотря на обычное использование урожая в качестве функциональной единицы, его критиковали за то, что он не является наиболее подходящим, поскольку культуры имеют разное содержание влаги и могут обеспечить потребителю определенную питательную ценность, которая не обязательно коррелирует со свежей массой [15]. Из-за различий в содержании воды, некоторые культуры имеют непропорционально высокий WF, если используется урожай в свежей массе, но если урожай в сухом веществе используется для этих культур, WF становится относительно низким.

Использование питательной ценности овощных культур в качестве функциональной единицы может быть полезным, поскольку использование воды напрямую связано с определенной пользой, получаемой от урожая. Следовательно, водные следы также были представлены в виде отдельных питательных веществ, необходимых человеку в день [23]. Необходимые питательные вещества как функциональная единица сложны, потому что задействовано большое количество переменных, таких как: различные WF для каждого вегетационного периода; различия в рекомендуемой диете в зависимости от пола и возраста человека; различные питательные вещества, которые содержит овощная продукция.

Хотя WF могут предоставить очень полезную информацию в контексте овощеводства, все еще существуют проблемы, связанные с расчетом WF, интерпретацией информации и пониманием ограничений информации, которые необходимо учитывать. В ряде исследований в литературе сообщается о различных WF из-за пространственных и годовых изменений погодных условий [28, 39]. Отмечено, что межгодовые колебания синего, зеленого и серого WF при производстве кукурузы в Китае связаны с изменением климата и методами управления сельским хозяйством [39]. Голубой WF увеличился, а зеленый WF уменьшился как в результате более засушливого климата, так и в результате интенсификации сельскохозяйственных затрат. Сообщается об увеличении зеленого WF с высоким уровнем осадков и увеличении синего WF с низким уровнем осадков и более высокими температурами [28].

Оценка плотности питательных веществ (NDS) служит эффективным индикатором для измерения вклада выбранной культуры в рацион человека. Связь между плотностью питательных веществ и водным следом собранного урожая овощей, богатых витамином А, представлена в табл. 6. Среди овощей шпинат является рентабельным: NDS - 100,00, водный след – 132 м³/т. В целом, NDS для овощей составляет 36,94, а водный след – 249 м³/т [24].

Заключение

Водный след (WF) представляет собой объем воды, потребляемой при производстве продуктов питания, разделенный по источникам воды; синий WF представляет использование грунтовых и поверхностных вод, а зеленый WF – использование дождевой воды. Информация о WF может информировать сельхозпроизводителей о необходимости выращивать

менее влаголюбивые овощные культуры или менеджеров водных ресурсов, чтобы ограничить урожай определенных культур в засушливые годы или месяцы. Однако этот метод усложняется в контексте овощеводства из-за межсезонных и межгодовых колебаний WF, важности местных параметров овощных культур и потребности в полных данных о погоде. Такие культуры, как брокколи, с низким индексом урожайности будут иметь высокий WF, не представляющий того, как остатки растений потенциально могут использоваться для других полезных целей, таких как компостирование и корм для животных. Водные следы, рассчитанные с использованием свежей массы, как функциональная единица приводит к высоким WF сельскохозяйственных культур с низким содержанием воды, таких как кукуруза и пшеница, по сравнению с культурами с высоким содержанием воды, такими как овощные культуры. Если WF рассчитываются с использованием сухого вещества, высокие WF кукурузы и пшеницы становятся более похожими на WF овощных культур. Использование альтернативных функциональных единиц, таких как содержание питательных веществ, потенциально предоставляет более значимую информацию, которая позволяет менеджерам принимать более обоснованные решения относительно управления и распределения воды на овощных культурах.

Учитывая все потребности сельского хозяйства в воде, существуют более устойчивые методы ведения сельского хозяйства, которые стремятся учитывать водосбережение, что может сделать фермы более устойчивыми к водным проблемам, таким как засуха и конкуренция за водные ресурсы. Регенеративное сельское хозяйство, пермакультура и органическое земледелие нацелены на разумное использование ресурсов для улучшения качества и продуктивности почвы, чтобы она сохраняла влагу, сводя к минимуму потребность в чрезмерном орошении. Подходы к управлению сельским хозяйством, такие как мульчирование, применение навоза или консервативная обработка почвы могут сохранять или повышать органическое вещество, тем самым увеличивая его способность удерживать воду и уменьшить суммарное испарение. Последние технологические достижения в области гидропоники, аквапоники, аэропоники и вертикального земледелия позволяют очень эффективно выращивать овощную продукцию, сводя к минимуму использование воды в различных местах. Хотя ни один из методов ведения сельского хозяйства не является идеальным, все они могут работать вместе для создания местных и региональных продовольственных систем, повышающих устойчивость сельского хозяйства.

Температура воздуха, ветер и качество почвы резко изменяют количество воды, необходимое для выращивания овощных культур. Поскольку изменение климата меняет погодные условия, а водные ресурсы становятся более уязвимыми, вполне вероятно, что модели производства продуктов питания также должны будут измениться. Если эти изменения произойдут, вся инфраструктура продовольственной системы также должна будет адаптироваться.

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>, soulsunnet@gmail.com

Мария Ивановна Иванова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, ivanova_170@mail.ru

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>, soulsunnet@gmail.com

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

• Литература / References

- Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Иванова М.И., Мещерякова Р.А., Разин О.А., Сурихина Т.Н., Лебедева Н.Н. Нормативно-правовое обеспечение рынка органической продукции (в мире, странах ЕАЭС, России). *Овощи России*. 2021;(1):5-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-5-19> [Pivovarov V.F., Razin A.F., Ivanova M.I., Meshcheryakova R.A., Razin O.A., Surikhina T.N., Lebedeva N.N. Regulatory support for the organic market (in the world, EAEU countries, Russia). *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):5-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-5-19>]
- Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Мещерякова Р.А., Шатилов М.В., Иванова М.И., Тактарова С.В., Разин О.А. Экономика овощеводства: состояние и современность. *Овощи России*. 2018;(5):63-68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-63> [Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Shatilov M.V., Ivanova M.I., Taktarova S.V., Razin O.A. The economy of vegetable growing: the state and the present. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(5):63-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-63-68>]
- 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> [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>]
- Cassidy E.S., West P.C., Gerber J.S., Foley J.A. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environ. Res. Lett.* 2013;(8):034015.
- Chapagain A., Hoekstra A. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecol. Econ.* 2011;(70):749–758.
- Conley D.J., Paerl H.W., Howarth R.W., Boesch D.F., Seitzinger S.P., Karl E., Lancelot C., Gene E. Controlling eutrophication: Nitrogen and phosphorus. *Science*. 2009;(123):1014–1015.
- Deurer M., Green S.R., Clothier B.E., Mowat A. Can product water footprints indicate the hydrological impact of primary production? - A case study of New Zealand kiwifruit. *J. Hydrol.* 2011;(408):246–256.
- Fader M., Gerten D., Thammner M., Heinke J., Lotze-Campen H., Lucht W., Cramer W. Internal and external green-blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2011;(15):1641–1660.
- Franke N.A., Boyacioglu H., Hoekstra A.Y. Grey Water Footprint Accounting: Tier 1 Supporting Guidelines; Value of Water Research Report Series No. 65; UNESCO-IHE: Delft, The Netherlands, 2013.
- Ghufran M.A., Batool A., Irfan M.F., Butt M.A., Farooqi A. Water footprint of major cereals and some selected minor crops of Pakistan. *J. Water Resour. Hydraul. Eng.* 2015;(4):358–366.
- Hanasaki N., Inuzuka T., Kanae S., Oki T. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model. *J. Hydrol.* 2010;(384):232–244.
- Harris F., Moss C., Joy E.J.M., Quinn R., Scheelbeek P.F.D., Dangour A.D., Green R. The Water Footprint of Diets: A Global Systematic Review and Meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 2020;11(2):375–386. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz091>.
- Hoekstra A.Y., Chapagain A.K. Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2011.
- Huang Z., Hejazi M., Tang Q., Vernon C.R., Liu Y., Chen M., Calvin K. Global agricultural green and blue water consumption under future climate and land use changes. *J. Hydrol.* 2019;(574):242–256.
- Ingwersen W.W. Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Ric. *J. Clean. Prod.* 2012;(35):152–163.
- ISO. ISO 14044:2006: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines; ISO: Geneva, Switzerland, 2006.
- ISO. ISO 14046:2014: Life Cycle Assessment-Water Footprint-Principles, Requirements and Guidelines; ISO: Geneva, Switzerland, 2014.
- Jefferie D., Muñoz I., Hodges J., King V.J., Aldaya M., Ercin A.E., Canals L.M., Hoekstra A.Y. Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *J. Clean. Prod.* 2010;(33):155–166.
- le Roux B., van der Laan M., Vahrmeijer T., Annandale J.G., Bristow K.L. Estimating Water Footprints of Vegetable Crops: Influence of Growing Season, Solar Radiation Data and Functional Unit. *Water*. 2016;(8):473; doi:10.3390/w8100473.
- Liu W., Yang H., Liu Y., Kumm M., Hoekstra A.Y., Liu J., Schulin R. Water resources conservation and nitrogen pollution reduction under global food trade and agricultural intensification. *Sci. Total Environ.* 2018;(633):1591–1601.
- Liu W., Antonelli M., Kumm M., Zhao X., Wu P., Liu J., Zhuo L., Yang H. Savings and losses of global water resources in food-related virtual water trade. *WIREs Water*. 2019;(6):e1320.
- Lovarelli D., Bacenetti J., Fiala M. Water footprint of crop productions: A review. *Sci. Total Environ.* 2016;(548–549):236–251.
- Mahan L.K., Escott-Stump S. Krause's Food, Nutrition, & Diet Therapy, 11th ed.; Elsevier: New York, NY, USA, 2004.
- Mekonnen M.M., Gerbens-Leenes W. The Water Footprint of Global Food Production. *Water*. 2020;(12):26-96.
- Mekonnen M., Hoekstra A. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2010;(14):1259–1276.
- Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2011;(15):1577–1600.
- Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*. 2012;(15):401–415.
- Multsch S., Pahlow M., Ellensohn J., Michalik T., Frede H.-G., Breuer L. A hotspot analysis of water footprints and groundwater decline in the high plains aquifer region, USA. *Reg. Environ. Chang.* 2016.
- Nyambo P., Wakindiki I.I. Water footprint of growing vegetables in selected small-holder irrigation schemes in South Africa. *Water SA*. 2015;(41):571–578.
- Pahlow M., Snowball J., Fraser G. Water footprint assessment to inform water management and policy making in South Africa. *Water SA*. 2015;(41):300–313.
- Pegasys. Water Footprint Analysis for the Breede Catchment, South Africa Draft Report; Breede Overberg Catchment Management Agency: Cape Town, South Africa, 2012.
- Ranchod N., Sheridan C.M., Pint N., Slatter K., Harding K.G. Assessing the blue-water footprint of an opencast platinum mine in South Africa. *Water SA*. 2015;(41):287–293.
- Rebitzer G., Ekvall T., Frischknecht R., Hunkeler D., Norris G., Rydberg T., Schmidt W.-P., Suh S., Weidema B.P., Pennington D.W. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environ. Int.* 2004;(30):701–720.
- Rost S., Gerten D., Bondeau A., Lucht W., Rohwer J., Schaphoff S. Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resour. Res.* 2008;(44):W09405. DOI:10.1029/2007WR006331
- Scheepers M.E., Jordaan H. Assessing the blue and green water footprint of lucerne for milk production in South Africa. *Sustainability*. 2016;8(1), 49. <https://doi.org/10.3390/su8010049>.
- Serio F., Miglietta P.P., Lamastra L., Ficocelli S., Intini F., De Deo F., De Donno A. Groundwater nitrate contamination and agricultural land use: A grey water footprint perspective in Southern Apulia Region (Italy). *Sci. Total Environ.* 2018;(645):1425–1431.
- Siebert S., Döll P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *J. Hydrol.* 2010;(384):198–217.
- Smolders A.J., Lucassen E.C., Bobbink R., Roelofs J.G., Lamers L.P. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: The Sulphur bridge. *Biogeochemistry*. 2010;(98):1–7.
- Sun S., Wu P., Wang Y., Zhao X. Temporal variability of water footprint for maize production: The case of Beijing from 1978 to 2008. *Water Resour. Manag.* 2013;(27):2447–2463.
- Yang M., Guan X., Liu Y., Cui J., Ding C., Wang J. Effects of drip irrigation pattern and water regulation on the accumulation and allocation of dry matter and nitrogen, and water use efficiency in summer maize. *Acta Agron. Sin.* 2019;(45):443–459.
- Zhuo L., Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. Sensitivity and Uncertainty in Crop Water Footprint Accounting: A Case Study for the Yellow River Basin; UNESCO-IHE: Delft, The Netherlands, 2013.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-65-70>
УДК 635.64:581.1.043

Т.Э. Кулешова¹, О.Р. Удалова¹,
И.Т. Балашова², Л.М. Аникина¹,
П.Ю. Конончук¹, Г.В. Мирская¹,
Г.Г. Панова¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт» (ФГБНУ АФИ) 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Московская обл., Одинцовский городской округ, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Кулешова Т.Э., Удалова О.Р., Балашова И.Т., Аникина Л.М., Конончук П.Ю., Мирская Г.В., Панова Г.Г. Влияние различных источников света на продукционный процесс томата в интенсивной светокультуре. *Овощи России*. 2021;(4):65-70. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-65-70>

Поступила в редакцию: 26.05.2021

Принята к печати: 08.06.2021

Опубликована: 25.08.2021

Tatiana E. Kuleshova¹, Olga R. Udalova¹,
Irina T. Balashova², Lyudmila M. Anikina¹,
Pavel Yu. Kononchuk¹, Galina V. Mirskaya¹,
Gayane G. Panova¹

¹ Agrophysical Research Institute (ARI) 14, Grazhdanskiy pr., St.-Petersburg, 195220, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSCV) 14, Selezionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

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

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article.

For citations: Kuleshova T.E., Udalova O.R., Balashova I.T., Anikina L.M., Kononchuk P. Yu., Mirskaya G.V., Panova G.G. Influence of different light sources on the production process of tomato in intensive photoculture. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):65-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-65-70>

Received: 26.05.2021

Accepted for publication: 08.06.2021

Accepted: 25.08.2021

Влияние различных источников света на продукционный процесс томата в интенсивной светокультуре



Резюме

Введение. Развитие представлений о влиянии световой среды – спектра излучения, интенсивности и продолжительности воздействия, на физиологию растений, служит основой для создания эффективных источников света для защищенного грунта.

Цель. Сравнительное испытание влияния световой среды с различным спектральным составом на продуктивность и качество томатов в условиях интенсивной светокультуры.

Методы. Исследования проводили в регулируемых условиях интенсивной светокультуры при выращивании томата карликового сорта Наташа селекции ФГБНУ «Федеральный центр овощеводства» на тонкослойных аналогах почвы (ТАП) с подачей питательного раствора к корням растений по щелевому капилляру в вегетационных светоустановках, разработанных в ФГБНУ АФИ. Источниками света служили натриевые лампы высокого давления и светодиодные светильники СД1, СД2 и СД3с различными спектрами излучения.

Результаты. Растения томата сорта Наташа, освещаемый в процессе развития лампами ДНаЗ, сформировали практически одинаковую урожайность со средней массой плодов 42,5 кг/м² с одного яруса в год. Выращенные под светодиодными светильниками растения томата сорта Наташа показали тенденцию к более низкой продуктивности на 29% под СД1 и на 8% – под СД2 и более высокой – на 19% под СД3 по сравнению с таковой под лампами ДНаЗ. Сравнительная оценка биохимического состава плодов томата свидетельствует о высоком их качестве под всеми тестируемыми источниками света.

Заключение. Культивирование растений карликовых сортов томата на ТАП показало наилучшие результаты по продуктивности при хорошем качестве растительной продукции под светодиодными светильниками СД3 со спектром излучения, близким к солнечному свету.

Ключевые слова: спектр излучения, светодиодные светильники, ДНаЗ, сорт Наташа, продуктивность, качество, рост

Influence of different light sources on the production process of tomato in intensive photoculture

Abstract

Introduction. The development of ideas about the influence of the light environment - the radiation spectrum, intensity and duration of exposure, on the physiology of plants, serves as the basis for the creation of effective light sources for protected ground.

Purpose. Comparative test of the influence of a light environment with different spectral composition on the productivity and quality of tomatoes in conditions of intensive photo culture.

Methods. Investigations were made under controlled conditions of intensive photoculture when growing dwarf tomatoes of the variety Natasha selections of the "Federal Scientific Vegetable Center" on thin-layer soil analogs with the supply of a nutrient solution to the plant roots through a slit capillary in vegetative light installations developed at the ARI. The light sources were high-pressure sodium lamps and LED lamps SD1, SD2, and SD3 with different emission spectra.

Results. Tomatoes of the Natasha variety, illuminated during development with HPS lamps, formed almost the same yield with an average fruit weight of 42.5 kg/m² per layer per year. Natasha tomato grown under LED lamps showed a tendency to lower productivity by 29% under SD1 and by 8% under SD2 and higher by 19% under underSD3 compared to that under HPS lamps. A comparative assessment of the biochemical composition of tomato fruits indicates their high quality under all tested light sources.

Conclusion. Cultivation of dwarf tomato varieties on thin-layer soil analogs showed the best results in terms of productivity with good quality plant products under LED lamps SD3 with a radiation spectrum close to sunlight.

Keywords: radiation spectrum, LED, HPS, Natasha variety, productivity, quality, growth

Введение

Свет является одним из важнейших факторов окружающей среды, который влияет на развитие растений и регулирует их рост [1]. Выращивание растений в условиях искусственного освещения с одной стороны имеет практический интерес для получения растительной продукции в климатических условиях, где солнечный свет имеет кратковременную и низкую интенсивность [2], с другой стороны, фундаментальным является развитие представлений о влиянии световой среды – качества света (спектр излучения), количества (интенсивности), продолжительности воздействия (соотношение световой и темновой фаз), на физиологию растений, что и служит впоследствии основой для создания эффективных источников света для защищенного грунта.

В условиях интенсивной светокультуры, предназначенной для получения высокопродуктивных форм, в том числе с помощью методов ускоренной селекции [3], в качестве источников света обычно используют облучатели на основе натриевых ламп высокого давления, хорошо зарекомендовавших себя и широко применяемых в защищенном грунте [4-6]. При этом динамично развивающиеся светодиодные технологии также привели к большому прогрессу в культивировании растений – за счет их использования можно управлять ростом и вторичным метаболизмом растений [7]. Светодиодное освещение является многообещающей альтернативой используемым в растениеводстве источникам света. Применение в фабриках растений и сити-фермерстве светодиодных технологий является выгодным вариантом как в плане эксплуатационных расходов [8,9], многоярусного выращивания овощей [10], так и в отношении возможностей по регулированию интенсивности излучения и его спектрального состава исходя из потребностей растений [11].

В настоящее время уже разработан ряд источников света на основе светодиодов, предназначенных для использования в растениеводстве. В большинстве светодиодных фитосветильниках наиболее распространено использование синих (450-480 нм) и красных (640-660 нм) светодиодов [12], что связано с эффективным поглощением этих длин волн фотосинтетическими пигментами (хлорофиллами) [13]. Узкополосное излучение от светодиодов облегчает исследования роли конкретных длин волн на морфологию и развитие растений. Одинаково большое количество исследований показывают, что растениям необходим полный спектр излучения в видимой области для реализации своего продукционного потенциала, при этом фотоны различной энергии по-разному усваиваются листовой поверхностью в зависимости от яруса, вида растений, вегетационного периода и др. [14,15]. Поэтому при изучении влияния узкой части спектра не всегда учитываются другие фотосинтетические процессы и светозависимые реакции, инициируе-

мые поглощением в остальном диапазоне видимого спектра или действием комбинированного излучения света различных длин волн. Кроме того, возможен и негативный эффект, например, излучение красных и синих светодиодов может приводить к ингибированию генеративного развития растения, при облучении синим светом наблюдается синтез антоцианов в листьях и стеблях томатов на стадии плодоношения, что в конечном итоге снижает продуктивность растений [16].

Применение полноспектральных в области фотосинтетически активной радиации источников света является перспективным направлением для светокультуры растений. Однако вопрос о наилучшем типе источника света остается открытым. Светодиоды имеют свои преимущества в плане возможностей многоярусного размещения, низкой температуры нагрева, энергоэффективности и др. Но для получения высоких показателей продуктивности и качества растительной продукции, уже достигнутых с использованием натриевых ламп, светодиодные светильники требуют модернизации устройства.

Цель данного исследования заключалась в сравнительном испытании влияния источников света различного спектрального состава на продуктивность и качество растительной продукции в условиях интенсивной светокультуры.

Материалы и методы

Исследования проводили на базе агробиополигона ФГБНУ АФИ в регулируемых условиях интенсивной светокультуры – температуру воздуха поддерживали в пределах +22...+24°C днем и +18...+20°C ночью, относительную влажность воздуха – 65-70%.

Объектом исследований служили растения томата сорта Наташа селекции ФГБНУ «Федеральный центр овощеводства». Растения карликового типа развития, компактные, не требуют пасынкования, подходящие для выращивания гидропонным методом в узкостеллажных и многоярусных светоустановках. Томат выращивали по разработанной в ФГБНУ АФИ технологии тонкослойной панопоники (ТАП) в вегетационной установке ярусного типа [17]. Источником минеральных элементов питания служил раствор Кнопа. В растительные формировали 25 растений на м².

Сравнительную оценку влияния излучения с различным спектральным составом на растения томата проводили с использованием четырех типов источников света – дуговых натриевых зеркальных ламп (ДНаЗ) и светодиодных светильников. В качестве экспериментальных вариантов источников света, различающихся по спектральным характеристикам, были выбраны: 1) лампы ДНаЗ-400, принятые за эталон, 2) СД1 – светодиодные светильники, излучающие желтый свет со спектром, приближенным к спектру натриевых ламп, 3) СД2 – светодиодные светильники, излучающие розовый свет, приближенные

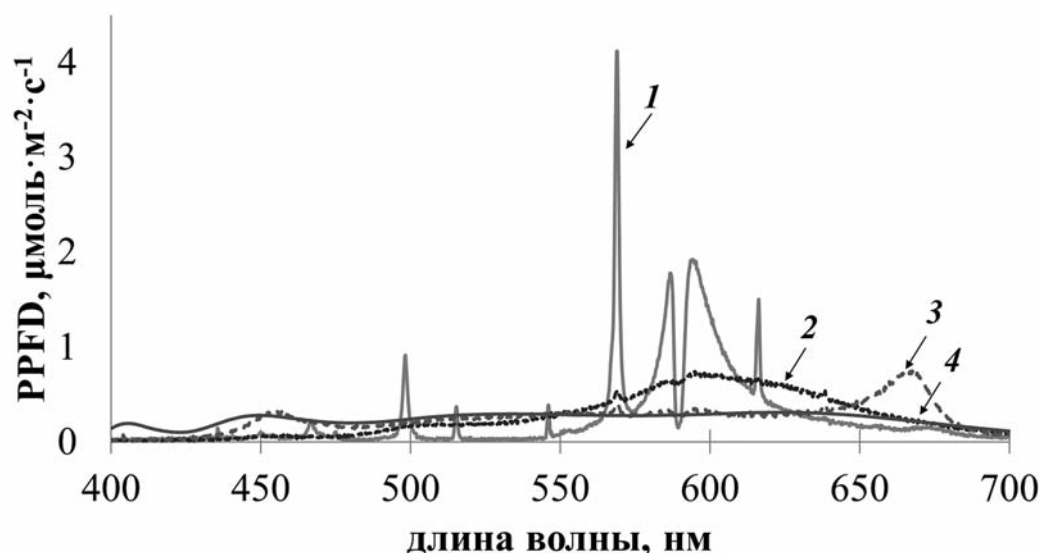


Рис. 1. Спектры излучения: 1 – дуговой натриевой зеркальной лампы, 2 – светодиодного светильника СД1, 3 – светодиодного светильника СД2, 4 – светодиодного светильника СД3
Fig. 1. Radiation spectra: 1 – high-pressure sodium arc lamp (HPS), 2 – LED lamp SD1, 3 – LED lamp SD2, 3 – LED lamp SD3

Таблица 1. Соотношение интенсивностей пиков спектра излучения и плотность фотосинтетического потока фотонов (PPFD – photosynthetic photon flux density) в разных диапазонах для использованных источников света
Table 1. The emission spectrum peaks intensities ratio and density of the photosynthetic photon flux density (PPFD) in different ranges for the used light sources

Источник света	ДНАЗ-400	Светодиодный светильник СД1	Светодиодный светильник СД2	Светодиодный светильник СД3
Соотношение интенсивностей на выраженных максимумах (длина волны)	1 (450 нм): 3 (465 нм): 13 (500 нм): 5 (515 нм): 5 (545 нм): 64 (570 нм): 28 (585 нм): 30 (595 нм): 23 (615 нм): 2 (670 нм)	1 (450 нм): 13 (595 нм)	1 (450 нм): 3 (665 нм)	1 (400 нм): 2 (450 нм): 2 (530 нм): 2 (625 нм)
PPFD в области 400-700 нм, $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$	341±24 (+72 в ИК до 1000 нм)	342±24	332±23	339±21
PPFD в области 400-500 нм, $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$	29	23	61	76
PPFD в области 500-600 нм, $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$	185	156	123	130
PPFD в области 600-700 нм	127	163	148	133

к используемым в тепличных комплексах, 4) СД3 – светодиодные светильники со спектральным составом в видимой области, приближенным к солнечному свету, с помощью специализированной вторичной оптики.

Величину фотосинтетически активного потока фотонов (PPFD – photosynthetic photon flux density) установили для всех вариантов одинаковую – $340\pm 20 \mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ с продолжительностью светового периода 16 часов в сутки. На рис. 1 приведены спектры излучения использованных источников света в единицах плотности фотосин-

тетического потока фотонов (PPFD – photosynthetic photon flux density), полученные следующим образом: спектры измерены в относительных единицах с помощью интегрирующей сферы и ПЗС-спектрометра CCS200 (Thorlabs, США) [18], усреднены по всей поверхности выращивания и относительные единицы переведены в PPFD на основе алгоритма, предложенного в [19].

В таблице 1 приведены рассчитанные значения PPFD для полного диапазона видимого спектра от 400 до 700 нм и для его условно разделенных частей – синего (400-

700нм), зеленого (500-600 нм) и красного (600-700 нм) диапазонов, также в ней указаны соотношения основных пиков в спектрах излучения использованных источников света – ламп ДНаЗ и светодиодных светильников.

Реакцию овощной культуры на моделируемые условия световой среды оценивали по показателям роста, продуктивности и биохимическому составу получаемой растительной продукции. На протяжении вегетационных периодов также проводили фенологические наблюдения. При уборке учитывали массу и число плодов, определяли содержание витамина С, нитратов, тяжелых металлов и других биохимических показателей. Биохимический состав растительной продукции, характеризующий ее качество и безопасность, определяли в аккредитованной на техническую компетентность и независимость Испытательной лаборатории ФГБНУ АФИ в соответствии с требованиями современных нормативных документов и по общепринятым методикам [20-22].

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью программного обеспечения MS Excel 2010. В тексте и таблицах приведены средние арифметические значения параметров и их доверительные интервалы при 95%-ном уровне вероятности по t-критерию. Достоверность различий между вариантами оценивали методами параметрической статистики, различия считали достоверными при $p \leq 0.05$.

Результаты и их обсуждение

Проведенные испытания по исследованию влияния световой среды с различными спектральными характеристиками на развитие растений томата сорта Наташа в

интенсивной светокультуре показали, что лучшие результаты по продуктивности и качеству растительной продукции достигнуты при использовании источников света со спектром, максимально приближенным к солнечному. При выращивании растений томата урожайность в среднем достигала 8,5 кг/м² под лампами ДНаЗ-400, 6,6 кг/м² – под СД1, 7,9 кг/м² – под СД2 и 10,5 кг/м² – под СД3 (табл. 2) с одного яруса за один вегетационный период. Выращенные под светодиодными светильниками СД1 растения томата показали достоверное снижение массы плода на 27%, а под СД3 – наоборот, увеличение на 25% по сравнению с таковой под лампами ДНаЗ-400.

Сравнительная оценка биохимического состава плодов томата сортов Наташа свидетельствует о высоком их качестве под всеми тестируемыми источниками света (табл. 3). По содержанию нитратов и тяжелых металлов растительная продукция томатов полностью соответствует гигиеническим нормативам РФ.

Светодиодные светильники СД1, близкие по спектральному составу газоразрядным натриевым лампам ДНаЗ, преимущественно не вызывали значимых изменений в химическом составе растений за исключением увеличения содержания нитратов на 12 % относительно такового под лампами ДНаЗ. Светодиодные светильники СД2, наоборот, привели к существенным изменениям в качественном составе плодов томата. В них отмечается более высокое содержание витамина С – на 33%, содержание зольных элементов (сырая зола) – на 2% (тенденция), содержания нитратов – на 32% по сравнению с растениями, освещаемыми в процессе роста лампами ДНаЗ. Под светодиодными светильниками СД3 биохими-

Таблица 2. Показатели продуктивности томата при культивировании растений на ТАП под различными источниками света в регулируемых условиях
Table. 2. Productivity of tomato when cultivating plants on thin-layer soil analog in controlled conditions under various light sources

Параметр	Лампы ДНаЗ-400	Светодиодные светильники		
		СД1	СД2	СД3
Высота растения, см	38,3±2,0	28,7±4,1*	27,3±5,2*	29,5±4,3
Масса плода, г	7,1±0,5	5,6±0,5*	7,0±1,0	9,5±0,9*
Продуктивность, шт./растение	48±6	47±10	45±7	44±5
Продуктивность, г/растение	340,8±66,6	266,0±51,0	311,5±73,0	415,2±82,4
Урожайность, шт./м ²	1200±150	1175±250	1125±175	1100±125
Урожайность, кг/м ²	8,5±1,8	6,6±1,5	7,9±2,2	10,5±1,3

Примечание: * - значение достоверно отличается от контроля (лампы ДНаЗ-400) на 5%-ном уровне значимости

Таблица 3. Показатели качества и безопасности плодов томата при культивировании растений на ТАП под различными источниками света в регулируемых условиях
 Table 3. Quality and safety of tomato when cultivating plants on thin-layer soil analog in controlled condition under various light sources

Параметр	Лампы ДНаЗ-400	Светодиодные светильники		
		СД1	СД2	СД3
Влажность, %	94,2	92,4	93,2	95,6
Витамин С, мг/100 г н.в.	18,5	18	24,6	27,5
Сырая зола, % а.с.в.	10,1	10,75	10,32	9,62
Нитраты, мг/кг н.в.	52,9	59,3	69,7	47,4
Свинец, мг/кг н.в.	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Кадмий, мг/кг н.в.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

ческий состав также менялся: наблюдалось более высокое содержание витамина С – на 32%, тенденция к снижению содержания микроэлементов почти на 5%, уменьшение количества нитратов на 12% относительно данных для варианта облучения натриевыми лампами.

К основным отличиям спектрального состава излучения натриевых ламп от светодиодов можно отнести наличие ИК-диапазона и более узкие полосы излучения шириной ~5 нм и более. Так как количество фотонов в основных диапазонах спектра для ДНаЗ и СД1 схоже, но при этом присутствуют значимые различия в показателях продуктивности, можно предположить, что решающую положительную роль играет тепловой диапазон и участки спектра в ИК области, поглощаемые не только фотосинтетическим аппаратом, но и, например, водой. При этом наличие излучения в синем диапазоне спектров светильников СД2 и СД3 приводит к практически такой же продуктивности в случае с СД2, и более высоким показателям при облучении СД3 по сравнению с освещением лампами ДНаЗ.

Таким образом, при выращивании растений томата карликового сорта Наташа на ТАП под испытываемыми источниками света во всех вариантах опыта растительная продукция соответствовала санитарно-гигиеническим нормативам РФ.

Заключение

Применение натриевых ламп высокого давления, которые излучают преимущественно желто-красный свет, имеет широкое распространение в тепличных хозяйствах благодаря высокому КПД, однако в спектре излучения таких ламп практически отсутствует синяя компонента. Солнечный же спектр содержит в себе все функциональные длины волн – как для работы фотосинтетического аппарата с максимумами поглощения света в синей и

красной областях спектра, так и для реализации вторичных процессов – от аккумуляирования энергии до активации защитных механизмов в растениях.

Смоделировать и реализовать фотосинтетически активный и физиологически значимый спектр излучения для растений можно с помощью светодиодных технологий – комбинируя различные светодиоды или используя вторичную оптику. Подбор комбинации светодиодов с целью реализации спектра, приближенного к солнечному излучению, является довольно трудной и тяжело решаемой задачей. Однако она была решена индустриальным партнером ФГБНУ АФИ путем создания полимера-люминофора, позволившего добиться светового излучения максимально приближенного к солнечному свету в видимой области спектра. Проведенное нами тестирование выявило, что в условиях интенсивной светокультуры показатели продуктивности томата при выращивании на тонкослойном аналоге почвы под светодиодным источником света со спектром близким к солнечному превышают таковые под эталонной натриевой лампой, что в условиях одинаковой облученности до этого не удавалось получить ни для одного светодиодного светильника (включая красно-бело-синий, варианты белого и моделирующий спектр натриевой лампы).

Показанное нами преимущество спектра излучения, приходящего на растение, приближенное к солнечному свету, говорит о решающей роли всего диапазона длин волн в видимой области спектра – это осуществление фотосинтетических реакций: аккумуляция и преобразование энергии света; регуляция вторичных процессов: синтез метаболитов, защитных соединений и др.; процессы в живом листе – рассеяние на органеллах и т.д.; а также о значительной роли ИК-составляющей – соотношение красный/дальний красный является пусковым сигналом, воспринимаемым фитохромами.

Об авторах:

Татьяна Эдуардовна Кулешова – кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0003-3802-2494>, www.piter.ru@bk.ru

Ольга Рудольфовна Удалова – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0003-3521-0254>

Ирина Тимофеевна Балашова – доктор биол. наук, главный научный сотрудник лаб. новых технологий ФГБНУ ФНЦО, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>

Людмила Матвеевна Аникина – кандидат биол. наук, ведущий инженер ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0001-5217-174X>

Павел Юрьевич Конончук – ведущий научный сотрудник ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0003-0449-5189>

Галина Владимировна Мирская – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0001-6207-736x>

Гаянэ Геннадьевна Панова – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделом ФГБНУ АФИ, <https://orcid.org/0000-0002-1132-9915>

About the authors:

Tatyana E. Kuleshova – Cand. Sci. (Phys.-Math.), Researcher ARI, <https://orcid.org/0000-0003-3802-2494>, www.piter.ru@bk.ru

Olga R. Udalova – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher ARI, <https://orcid.org/0000-0003-3521-0254>

Irina T. Balashova – Dr. Sci. (Biology), chief scientific officer of the laboratory of new technologies FSBSI FSVC, <https://orcid.org/0000-0001-7986-2241>

Lyudmila M. Anikina – Cand. Sci. (Biology), Leading Engineer ARI, <https://orcid.org/0000-0001-5217-174X>

Pavel Yu. Kononchuk – leading researcher ARI, <https://orcid.org/0000-0003-0449-5189>

Galina V. Mirskaya – Cand. Sci. (Biology), leading researcher ARI, <https://orcid.org/0000-0001-6207-736x>

Gayane G. Panova – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher ARI, <https://orcid.org/0000-0002-1132-9915>

• Литература

- Whitelam G.C., Halliday K.J. Annual plant reviews, light and plant development. NY: John Wiley & Sons, 2008.
- Harvey R.B. Growth of plants in artificial light. Botanical Gazette. 1922;74(4):447-451.
- Кочетов А.А., Синявина Н.Г. Создание новых форм редиса и редьки (*Raphanus sativus* L.) с прогнозируемым комплексом хозяйственно ценных признаков при использовании методологии ускоренной селекции. Картофель и овощи. 2019;(10):29-34. DOI:10.25630/PAV.2019.70.54.003
- Судаков В.Л., Хомяков Ю.В. Интенсивная светокультура растений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. DOI: 10.25695/agropysica.2018.55.17767
- Аникина Л.М., Конончук П.Ю., Судаков В.Л., Удалова О.Р., Хомяков Ю.В. Агротехнологии малообъемной и бесубстратной интенсивной светокультуры огурца. Овощи России. 2017;(2):65-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-65-69>
- Удалова О.Р., Аникина Л.М., Хомяков Ю.В., Вертебный В.В., Дубовицкая В.И., Панова Г.Г. Влияние тонкослойных аналогов почвы на продукционный процесс растений салата в интенсивной светокультуре. Овощи России. 2021;(1):33-38. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-33-38>
- Ouzounis T., Rosenqvist E., Ottosen C. O. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review. HortScience. 2015;50(8):1128-1135. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>
- Darko E., Heydarizadeh P., Schoefs B., Sabzalain M.R. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014;369(1640):20130243. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0243>
- Karlicek R., Sun C.C., Zissis G., Ma R. Handbook of advanced lighting technology. Switzerland: Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0>
- Дорохов А.С., Старостин И.А., Чилингарян Н.О., Дорохов А.А. Состояние и перспективы развития овощеводства закрытого грунта в Российской Федерации. Аграрная Россия. 2019;(10):45-48. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-10-45-48
- Смирнов А.А., Прошкин Ю.А., Довлатов И.М., Соколов А.В., Качан С.А. Разработка фитооблучателей на основе светодиодов с настраиваемым соотношением спектра ФАР. Инновации в сельском хозяйстве. 2019;(4):247-254.
- Соколов А.В., Рошин О.А., Качан С.А. Испытание светодиодных установок для облучения растений без внешнего освещения. Инновации в сельском хозяйстве: Электронный журнал. 2017;(2):128-132.
- Sager J.C., McFarlane J.C. Radiation. Plant growth chamber handbook. 1997. P. 1-29.
- Brodersen C.R., Vogelmann T.C. Do changes in light direction affect absorption profiles in leaves? Funct. Plant Biol. 2010;(37):403-412. <https://doi.org/10.1071/FP09262>
- Kuleshova T.E., Gall N.R., Chernousov I.N., Udalova O.R., Khomyakov Y.V., Aleksandrov A.V., Panova G.G., Seredin I.S., Shcheglov S.A. Influence of lighting spectral characteristics on the lettuce leaf optical properties. Journal of Physics: Conference Series. 2019;1400(3):033025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1400/3/033025>
- Смирнов А.А. Зависимость биосинтеза пигментов и продуктивности томата от спектрального состава излучения. Инновации в сельском хозяйстве. 2018;(3):78-86.
- Панова Г.Г., Удалова О.Р., Канаш Е.В., Галушко А.С., Кочетов А.А., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Черноусов И.Н. Основы физического моделирования. Журнал технической физики. 2020;(90(10)):1633-1639. DOI: 10.21883/JTF.2020.10.49792.429-19
- Kuleshova T.E., Seredin I.S., Shcheglov S.A., Blashenkov M.N., Chumachenko A.V., Feofanov S.V., Kiradiev V.K., Odnoblyudov M.A. Spectrometric method for measuring light absorption by plant leaves. Journal of Physics: Conference Series. 2018;1135(1):012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1135/1/012013>
- Кулешова Т.Э., Блашенко М.Н., Кулешов Д.О., Галль Н.Р. Разработка лабораторного фототрона с возможностью варьирования спектра излучения и длительности суточной экспозиции и его биологическое тестирование. Научное приборостроение. 2016;26(3).
- Тутельян В.А., Беляев Е.Н. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3. 2.1078. М.: ФГУП «ИнтерСЭН. 2002.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987.
- Скурихин И.М., Тутельян В.А., Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. М: Брандес – Медицина, 1998.

• References

- Whitelam G.C., Halliday K.J. Annual plant reviews, light and plant development. NY: John Wiley & Sons, 2008.
- Harvey R.B. Growth of plants in artificial light. Botanical Gazette. 1922;74(4):447-451.
- Kochetov A.A., Sinyavina N.G. Creation of new forms of radish and radish (*Raphanus sativus* L.) with a predictable complex of economically valuable traits using the methodology of accelerated selection. Potatoes and vegetables. 2019;(10):29-34. (In Russ.) DOI: 10.25630/PAV.2019.70.54.003
- Sudakov V.L., Khomyakov Yu.V. Intensive photoculture of plants. SPb.: Publishing house of Polytechnic. University, 2018. DOI: 10.25695/agropysica.2018.55.17767 (In Russ.)
- Anikina L.M., Kononchuk P.Yu., Sudakov V.L., Udalova O.R., Khomyakov Yu.V. AGrotechnology of small-volume and non-soil intense light-culture in cucumber. Vegetable crops of Russia. 2017;(2):65-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-65-69>
- Udalova O.R., Anikina L.M., Khomyakov Yu.V., Vertebniy V.E., Dubovitskaya V.I., Panova G.G. Influence of thin-layer soil analogues on the production process of lettuce plants in intensive artificial-light culture. Vegetable crops of Russia. 2021;(1):33-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-33-38>
- Ouzounis T., Rosenqvist E., Ottosen C. O. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review. HortScience. 2015;50(8):1128-1135. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>
- Darko E., Heydarizadeh P., Schoefs B., Sabzalain M.R. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014;369(1640):20130243. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0243>
- Karlicek R., Sun C.C., Zissis G., Ma R. Handbook of advanced lighting technology. Switzerland: Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0>
- Dorokhov A.S., Starostin I.A., Chilingaryan N.O., Dorokhov A.A. State and prospects for the development of indoor vegetable growing in the Russian Federation. Agrarian Russia. 2019;(10):45-48. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-10-45-48 (In Russ.)
- Smirnov A.A., Proshkin Yu.A., Dovlatov I.M., Sokolov A.V., Kachan S.A. Development of phyto-irradiators based on LEDs with adjustable PAR spectrum ratio. Agricultural innovations. 2019;(4):247-254. (In Russ.)
- Sokolov A.V., Roshchin O.A., Kachan S.A. Testing of LED installations for irradiating plants without external lighting. Agricultural Innovation: An Electronic Journal. 2017;(2):128-132 (In Russ.)
- Sager J.C., McFarlane J.C. Radiation. Plant growth chamber handbook. 1997. P. 1-29.
- Brodersen C.R., Vogelmann T.C. Do changes in light direction affect absorption profiles in leaves? Funct. Plant Biol. 2010;(37):403-412. <https://doi.org/10.1071/FP09262>
- Kuleshova T.E., Gall N.R., Chernousov I.N., Udalova O.R., Khomyakov Y.V., Aleksandrov A.V., Panova G.G., Seredin I.S., Shcheglov S.A. Influence of lighting spectral characteristics on the lettuce leaf optical properties. Journal of Physics: Conference Series. 2019;1400(3):033025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1400/3/033025>
- Smirnov A.A. Dependence of pigment biosynthesis and tomato productivity on the spectral composition of radiation. Agricultural innovations. 2018;(3):78-86. (In Russ.)
- Panova G.G., Udalova O.R., Kanash E.V., Galushko A.S., Kochetov A.A., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Chernousov I.N. Fundamentals of Physical Modelling. Technical Physics Journal. 2020;90(10): 1633-1639. (In Russ.) DOI: 10.21883/JTF.2020.10.49792.429-19
- Kuleshova T.E., Seredin I.S., Shcheglov S.A., Blashenkov M.N., Chumachenko A.V., Feofanov S.V., Kiradiev V.K., Odnoblyudov M.A. Spectrometric method for measuring light absorption by plant leaves. Journal of Physics: Conference Series. 2018;1135(1):012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1135/1/012013>
- Kuleshova T.E., Blashenkov M.N., Kuleshov D.O., Gall N.R. Development of a laboratory phytotron with the ability to vary the radiation spectrum and the duration of daily exposure and its biological testing. Scientific instrumentation. 2016; 26 (3). (In Russ.)
- Tutelyan V.A., Belyaev E.N. Hygienic requirements for food safety and nutritional value. SanPiN 2.3. 2.1078. M.: FGUP "InterSEN. 2002. (In Russ.)
- Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Biochemical research methods of plants. L.: Agropromizdat, 1987. (In Russ.)
- Skurikhin IM, Tutelyan VA, Guide to methods of analysis of food quality and safety. M: Brandes - Medicine, 1998. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-71-77>
УДК 635.64:631.526.325

В.Г. Король

ООО «Рефлекс»
Россия, г. Москва

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Король В.Г. Гибриды томата, рекомендуемые для выращивания в условиях светокультуры. *Овощи России*. 2021;(4):71-77.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-71-77>

Поступила в редакцию: 19.05.2021

Принята к печати: 15.06.2021

Опубликована: 25.08.2021

Valentin G. Korol

Reflux LLC
Russia, Moscow

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

For citations: Korol V.G. Tomato hybrids recommended for growing in photoculture conditions. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):71-77. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-71-77>

Received: 19.05.2021

Accepted for publication: 15.06.2021

Accepted: 25.08.2021

Гибриды томата, рекомендуемые для выращивания в условиях светокультуры



Резюме

Актуальность. Важнейшее влияние на урожайность, сроки выращивания овощных культур в защищенном грунте и стоимость полученного урожая, кроме прихода солнечной радиации, оказывает наличие системы искусственного освещения теплиц и ее мощность. Без преувеличения можно сказать, что сегодня искусственное освещение в теплицах более эффективно, чем естественное. Так, для получения одного килограмма овощей с использованием искусственного освещения необходимо затратить 4,5-5,0 тыс. Дж/см², а в случае естественного освещения: 5,0-6,5 тыс. Дж/см². Это связано с тем, что при искусственном освещении в теплице создаются для растений максимально комфортные условия выращивания. Безусловно, каждая культура, каждый гибрид требуют своих параметров освещенности, поэтому не следует пытаться сформулировать, каким будет идеальное искусственное освещение. Правильное освещение подразумевает получение максимального урожая у выращиваемых растений с минимальными затратами. Повышение продуктивности растений при выращивании в условиях светокультуры происходит не только за счет увеличения мощности освещения на единицу площади теплиц, но также за счет правильно подобранных гибридов. Выращиваемый гибрид является одним из важнейших критериев как повышения его продуктивности, так и улучшения качества плодов. Но далеко не все гибриды томата, рекомендуемые селекционными компаниями к выращиванию в условиях искусственного освещения, идеально подходят к таким условиям.

Методы. Использованы методы, применяемые в агрономической науке. Информационную базу исследования составили справочные материалы специализированных изданий по исследуемой тематике (каталоги селекционных компаний); материалы, поступающие от участников рынка овощей защищенного грунта (селекционные компании, тепличные комбинаты); собственные исследования, статьи и обзоры в специализированных журналах.

Результаты. Правильно подобранные гибриды томата обеспечивают значительное повышение урожайности в теплицах, улучшение качества плодов и сбалансированную технологию выращивания в данных условиях. Представлен ассортимент рекомендуемых гибридов томата для выращивания в условиях светокультуры, сделан анализ их достоинств и недостатков, сформулированы основные требования к гибридам для этих условий.

Ключевые слова: селекция, защищенный грунт, светокультура, вегетативный рост, генеративное развитие, некротические пятна, сочленение плодов, урожайность

Tomato hybrids recommended for growing in photoculture conditions

Abstract

Relevance. The most important influence on the yield, the timing of growing vegetables in greenhouses and the cost of the resulting crop, in addition to the arrival of solar radiation, is exerted by the presence of a system of artificial lighting in greenhouses and its capacity. It is no exaggeration to say that today artificial lighting in greenhouses is more effective than natural lighting. So, to obtain one kilogram of vegetables using artificial lighting, it is necessary to spend 4.5-5.0 thousand J/cm², and in the case of natural lighting: 5.0-6.5 thousand J/cm². This is due to the fact that when using artificial lighting in the greenhouse, we create the most comfortable growing conditions for the plants. Of course, every culture, every hybrid requires its own illumination parameters, so you should not try to formulate what the ideal artificial lighting will be. Proper lighting means getting the maximum yield from your crops at the lowest cost. An increase in the productivity of plants when grown under photoculture conditions occurs not only due to an increase in the lighting power per unit area of greenhouses, but also due to correctly selected hybrids. The cultivated hybrid is one of the most important criteria for both increasing its productivity and improving the quality of the fruit. But not all tomato hybrids recommended by breeding companies for growing under artificial lighting are ideal for such conditions.

Methods. The methods used in agronomic science were used. The information base of the research was made up of reference materials from specialized publications on the subject under study (catalogs of breeding companies); materials received from participants in the greenhouse vegetable market (breeding companies, greenhouse plants); own research, articles and reviews in specialized journals.

Results. Correctly selected tomato hybrids provide a significant increase in productivity in greenhouses, an improvement in fruit quality and a balanced cultivation technology under these conditions. An assortment of recommended tomato hybrids for growing in photoculture conditions is presented, an analysis of their advantages and disadvantages is made, and the main requirements for hybrids for these conditions are formulated.

Keywords: selection, protected ground, photoculture, vegetative growth, generative development, necrotic spots, fruit articulation, yield

Главная тенденция российского рынка теплично-овощеводства в настоящее время – заметное увеличение производства овощей внутри страны и, в связи с этим, значительное усиление конкуренции среди собственных производителей. По данным президента Ассоциации «Теплицы России» Алексея Ситникова, производство овощей защищенного грунта в 2019 году составило 1180 тыс. т, из которых почти 518 тыс. т или 44% составляет томат [1, 2]. Валовый сбор тепличных томатов в 2019 году вырос на 27% и составил 518 тыс. т, против 409 тыс. т в 2018 году [3]. Это произошло как в результате строительства и ввода в строй новых современных теплиц, так и выращивания культуры томата в тех теплицах, где раньше выращивали огурец. По оценкам экспертов «Интерагро», валовый сбор томатов в 2020 году должен был увеличиться и составить 560 тыс. т [3]. И уже по состоянию на 18 мая 2020 года в защищенном грунте России было собрано 450,9 тыс. т овощей, что на 25% выше уровня предыдущего года (360, 2 тыс. т). При этом томата собрано 125,7 тыс. т, что на 27% больше (98,7 тыс. т) [4]. По оценке ИКАР, прирост производства тепличных овощей в весенних и зимних теплицах в 2020 году составил 9% и достиг 1,45 млн т. А доля томата в общем объеме по итогам 2020 года составила 42% или 609 тыс. т [5].

Большая часть томата сегодня производится в культивационных сооружениях, оборудованных системой искусственного освещения. За последние пять лет (с 2016 по 2020 годы) в России построено 1484 га современных высоких теплиц [3]. Средняя урожайность томата в этих теплицах, выращиваемых в условиях светокультуры, составляет около 72 кг/м², а урожайность крупноплодных и среднеплодных гибридов томата составила более 80 кг/м² [5, 6]. Это достаточно высокий показатель. К примеру, в Нидерландах в 2018 году на площади теплиц 1800 га было произведено с апреля по ноябрь – 765 тыс. т томатов. В этом случае средняя урожайность составила 42,5 кг/м² [7].

Сегодня отрасль защищенного грунта все еще не полностью удовлетворяет потребность населения в овощах. По данным А. Ситникова, в Россию импортировано в 2019 году 580 тыс. тонн овощей защищенного грунта, в т. ч. 510 тыс. т томатов [1, 2]. Анализируя динамику импорта томатов в Россию за последние 8 лет (с 2011 по 2018 годы), в денежном выражении, следует отметить, что она снижалась все эти годы. Максимум поставок пришелся на 2013 год и составил 1110 млн долларов США, минимум – на 2018 год и составил 471 млн долларов США [8]. В значительной степени это связано со строительством новых современных теплиц в стране и увеличением в них доли выращиваемого томата. В связи с чем А. Ситников отмечал, что у отрасли все шансы обеспечить полное импортозамещение уже в 2020 году [2, 9]. По оценкам ИКАР, хотя импорт плодов томата в 2020 году сократился на 11%, он составил 518 тыс. т (это минус 62 тыс. т к 2019 году) [5].

По мнению ученых, самое время задуматься о экспорте овощей защищенного грунта. С точки зрения директора Плодоовощного союза М. Глушкова, наибольшим экспортным потенциалом обладает томат. Действительно, по итогам 2020 года экспорт плодов томатов из России составил приблизительно 20 тыс. т,

что на 17% выше прошлогоднего показателя [5]. Конечно, сегодня показатели экспорта в разы ниже импорта овощей. Так, в 2018 году он составил 3,3 млн долларов США [8], а в 2019 году значительно снизился. Это связано с санкционными процессами. Как ни странно, наибольший объем поставок осуществляется в Турцию [8, 9].

Таким образом, еще одна тенденция сегодняшнего овощеводства защищенного грунта в том, что увеличение собственного производства тепличных овощей в несезонное время происходит в основном за счет их выращивания в новых теплицах, оборудованных системой искусственного освещения растений. Только в 2018 году было введено в эксплуатацию более 450 га, а в 2019 году еще 260 га современных теплиц, оборудованных системой искусственного освещения. Следует отметить, что в последние 5-6 лет практически все вновь построенные теплицы оборудуются системой искусственного освещения растений. Кроме строительства новых теплиц, проведена реконструкция в части уже построенных ранее теплиц, по монтажу в них систем искусственного освещения растений. А всего в условиях светокультуры в настоящее время овощные растения выращивают на площади более 1600 га [5], из них культурой томата занято порядка 700 га теплиц. За последние четыре года площадь теплиц, занятая культурой томата, росла стремительно и увеличилась почти в 13 раз.

Разные уровни света означают разный потенциал продуктивности растений. В настоящее время, чтобы поднять урожайность в защищенном грунте при выращивании в условиях искусственного освещения, увеличивают мощность освещения вдвое (с 110-115 до 220-230 Вт/м²). Считается, что в диапазоне до 300 мкмоль (это около 200 Вт/м²), повышение уровня света в два раза дает увеличение урожайности также в два раза [10]. Это весьма эффективный, но не единственный способ повышения урожайности.

Один из важнейших критериев повышения урожайности и улучшения качества плодов – выращиваемый гибрид. Выбор гибрида – отдельный и далеко не простой вопрос, здесь следует учитывать множество факторов. Это требования рынка и торговых сетей к внешнему виду, размеру, форме, окраске и качеству плодов. Весьма важно учитывать здесь также состояние культивационных сооружений, их возможности по поддержанию оптимальных условий для роста и развития растений каждого конкретного гибрида. Только в таких условиях можно получить максимальную продуктивность растений.

Сейчас на рынке семян представлено множество разнообразных гибридов томата различных селекционных компаний и их представительств, различающихся по внешнему виду, размеру плодов, их окраске, форме, а также набору устойчивости к различным заболеваниям и неблагоприятным факторам среды, по продуктивности, скороспелости и др. Надо отметить, что реакция гибридов на выращивание в условиях искусственного освещения неоднозначна и непредсказуема. И далеко не все рекомендуемые гибриды пригодны для выращивания в условиях светокультуры. Те гибриды, которые выращиваются в обычных условиях, не подходят для выращивания в условиях светокультуры. Они не

способны реализовать свой потенциал урожайности в этих условиях [6].

Наибольшие площади в теплицах светокультура томата занимает в России, и эти площади существенно увеличились в последние 3-4 года, о чем мы говорили выше. В других странах мира, в том числе в Европе, светокультура томата занимает не очень большие объемы в теплицах, в связи с чем селекция исключительно для этого сегмента рынка не велась. Именно поэтому первые рекомендованные для выращивания в этих условиях гибриды томата были не лишены некоторых недостатков. Более того, с нашей точки зрения, как производители, так и селекционеры на тот момент времени не до конца понимали, какими генетическими особенностями должны обладать гибриды томата для выращивания в условиях светокультуры. Обобщив всю сумму накопленных знаний, мы представляем основные требования, предъявляемые к гибридам томата, пригодных для выращивания в условиях светокультуры:

- высокая сила роста растений;
- устойчивость к настоящей мучнистой росе;
- устойчивость к основным болезням;
- отсутствие некротических пятен на листьях;
- устойчивость к опадению плодов;
- однородная яркая окраска плодов и их высокое качество;
- высокий потенциал урожайности.

Высокая сила роста и достаточно хорошо развитая корневая система у гибридов томата обеспечивает стабильный поступательный рост растений в течение всей вегетации. А период вегетации в условиях светокультуры весьма продолжителен и длится 12-13 месяцев. Выращиваемые гибриды должны обеспечить получение за этот период вегетации 50 соцветий и более [10, 11]. Высокая сила роста растений обеспечивает также регулярное и равномерное прорастание отплодоносившей части стебля. Кроме того, выращиваемые в условиях светокультуры гибриды должны быть достаточно вегетативными, что позволяет выращивать их без использования прививки, поддерживать оптимального диаметра стебля и размера листьев. Вегетативные растения легче поддерживать в балансе. Также следует учитывать, что искусственный свет большой мощности способствует смещению баланса роста и развития растения в генеративном направлении. Рекомендуются сегодня к выращиванию в условиях светокультуры гибриды томата отличаются более ярко выраженным вегетативным ростом с хорошо развитой корневой системой. К примеру, в компании «Семагро», в дополнение к широко выращиваемому гибриду томата с крупным размером плодов F₁ Тореро рекомендуют новые гибриды F₁ Ондеро и F₁ Инсперид, отличающиеся большей вегетативностью и возможностью выращивания без прививки.

Важным и обязательным требованием к гибридам томата, выращиваемым при искусственном облучении, является наличие устойчивости к настоящей мучнистой росе (*On* – *Oidium neolycopersicum*). Гибриды томата, не обладающие

устойчивостью к настоящей мучнистой росе, выращивать в условиях светокультуры не желательно. В противном случае недобор урожая может составлять от 10-15% до 50% и больше.

Представители селекционных компаний рекомендовали раньше и могут рекомендовать к выращиванию в настоящее время в условиях светокультуры гибриды томата, не несущие в своем генотипе устойчивость к настоящей мучнистой росе. И таких гибридов, рекомендуемых к выращиванию, достаточно много. Это гибриды первой волны. Из группы крупноплодных томатов это: F₁ Тореро, F₁ Бартеза, F₁ Физума, F₁ Ензалина, F₁ Томимару Мучо, F₁ Биоранж; из группы кистевых и среднеплодных томатов – F₁ Эндевер, F₁ Комит, F₁ Лайстел, F₁ Болзано, F₁ Наоми и др., из группы сливовидных томатов – F₁ Савантас, F₁ Раминдо, F₁ Лемончелло, F₁ DRK936 и др. (табл.1). Надо сказать, что до недавнего времени в условиях светокультуры эти гибриды выращивали достаточно широко и успешно во многих тепличных комбинатах, не смотря на отсутствие устойчивости к мучнистой росе. А такие эксклюзивные по внешнему виду и вкусу гибриды томата как F₁ Наоми, F₁ DRK 936 – выращивают до настоящего времени на достаточно больших площадях

Пожалуй, больше всего гибридов без устойчивости к настоящей мучнистой росе, рекомендованных к выращиванию, в группе вишневидных и специальных томатов. Это F₁ Хуанита, F₁ DRK564, F₁ Майорита, F₁ Фаворита, F₁ Тестери, F₁ Делтари, F₁ Шерами, F₁ Рабаджино и др. Справедливости ради следует сказать, что до настоящего времени эти гибриды широко выращивают в теплицах большинства тепличных комбинатов в условиях искусственного освещения, да и площади под этими томатами растут. Этому есть объяснение. С нашей точки зрения, площади теплиц под светокультурой томата в России растут быстрыми темпами, особенно под вишневидными и специальными томатами. Селекционеры не успевают за быстро увеличивающимся спросом и в ряде сегментов мало или нет гибридов с устойчивостью к мучнистой росе. В настоящее время ситуация меняется, количество рекомендуемых гибридов с устойчивостью к мучнистой росе в этой группе томатов увеличивается и поводов для риска стало значительно меньше.

С увеличением тепличных площадей под культурой томата растет опасность заражения и другими болезнями, в т.ч. вирусными. Среди них есть очень опасные вирусы, как вирус желтого скручивания листьев томата (TYLCV). Этот вирус стал ограничивающим фактором в выращивании томатов, особенно в южных регионах. Он занимает третье место в мире среди экономически значимых вирусных патогенов. Его присутствие отмечено в республиках Северного Кавказа, Ставропольском и Краснодарском краях и др. Недобор урожая зависит от сроков заражения и может составлять до 50% и более. При раннем заражении растений томата можно остаться совсем без урожая. Поэтому устойчивость к вирусу желтого скручивания листьев томата на генетическом уровне – важ-

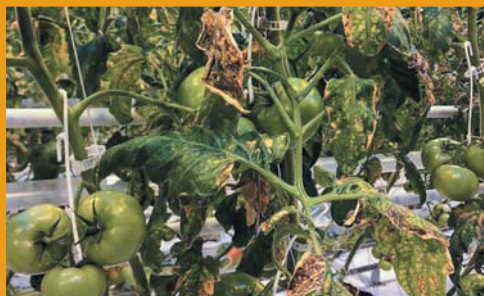


Рис. 1. Некроз листьев у культуры томата в условиях светокультуры
Fig. 1. Leaf necrosis in tomato culture under photoculture conditions



Рис. 2. Осыпание плодов томата
Fig. 2. Sprinkling tomato fruits



Рис. 3.1 Бесколенчатое сочленение плодов томата
Fig. 3.1 Articulation of tomato fruit



Рис. 3.2. Наличие колена
Fig. 3.2. Having a knee



Рис.4. Неравномерное окрашивание плодов при их созревании
Fig.4. Uneven coloration of fruits during ripening

нейшее условие для гибридов, при их выращивании в регионах с его присутствием, особенно в случае светокультуры, когда период вегетации значительно длиннее. Ряд рекомендуемых гибридов томата несет в своем генотипе устойчивость к этому вирусу. Это F₁ Тивай 12, F₁ CB0948TC, F₁ НТТ1652282, F₁ Тестери, F₁ Пантера, F₁ Юна (табл.1,2).

Не менее опасный и вирус бронзовости или пятнистого увядания томата (TSWV), который зарегистрирован на Северном Кавказе, в Краснодарском крае и Р. Крым. Так при заражении растений в фазе цветения урожайность снижается на 30-45%. Уже имеются гибриды томата, несущие устойчивость в своем генотипе к этому вирусу: F₁ Хибачи, F₁ Хайку, F₁ Ротерно, F₁ HTL1708288, F₁ Брамос. А поскольку период выращивания растений в условиях светокультуры достаточно длинный, растения стареют быстрее, то возрастают также требования к наличию у гибридов генетической устойчивости к кладоспориозу, фузариозному и вертициллезному увяданию.

Далеко не все гибриды томата способны выдерживать высокий (до 220-230 Вт/м²) уровень искусственного освещения [12, 13]. Важным требованием к выращиваемым гибридам является отсутствие некротических пятен на листьях растений в условиях светокультуры. Причины появления таких пятен на листьях могут быть различными, одна из них – реакция гибрида. При столь значительной мощности освещения у чувствительных гибридов томата может появляться световая токсичность на листьях в виде ожогов, листья становятся пестрыми, с желтыми пятнами [10] (рис.1). Большая часть рекомендованных к выращиванию в условиях светокультуры гибридов томата не чувствительны к используемой большой мощности искусственного освещения. К сожалению, в каталогах семян и рекламных модулях большинства селекционных компаний эта информация отсутствует. А определить чувствительность гибридов томата к образованию некротических пятен можно только при их выращивании в производственных условиях. В связи с этим важна организация сортоиспытания новых гибридов овощных культур в каждом хозяйстве.

Одно из важных требований к гибридам томата – снижение опадения плодов или его полное отсутствие. Речь идет о опадении зеленых плодов в разной стадии их развития (рис.2), что вызвано нарушением гормонального баланса ауксина и этилена в растении [14]. Наиболее актуальна эта проблема для крупноплодных гибридов томата, они отличаются более острой реакцией. В настоящее время, по данным селекционных компаний, появились гибриды крупноплодного томата, отличающихся меньшим количеством опавших плодов. Но эта информация нуждается в дополнительной проверке в производственных условиях.

Проблема опадения плодов является актуальной, но в меньшей степени, также для среднеплодных, кистевых и сливовидных гибридов томата. Один из способов борьбы с опадением плодов томата является создание гибридов с бесколенчатым сочленением плодов, т. е. на плодоножке отсут-

ствуется сочленение (рис.3). Бесколенчатое сочленение обеспечивает более прочное прикрепление плодов в соцветии, придает более привлекательный вид срезанным соцветиям для кистевых гибридов томатов. Такое прикрепление плодов в соцветии характерно для гибридов томата: F₁ Комплис, F₁ Боунтис, F₁ Максис, F₁ Максеза, F₁ Волантис и др.

Равномерная яркая окраска плодов придает им привлекательность. В условиях искусственного облучения на плодах могут появляться зеленые, желтые или бурые пятна различной интенсивности (рис.4). Чаще это результат недостатка калия, возможно это недостаточное опыление, очень низкие ночные температуры. Обычно неравномерное окрашивание плодов при их созревании характерно в большей степени для крупноплодных и среднеплодных гибридов томата. Это связано с тем, что у таких томатов большее количество камер (локул) и при этом больше вероятность их недостаточного опыления. Практически нет этой проблемы у коктейльных и вишневидных томатов, они отличаются равномерной окраской плодов. Окраска плодов – сортовой признак. Равномерной и яркой окраской отличаются гибриды: F₁ Пламола, F₁ Комплис, F₁ Волантис, F₁ Т – 34 и др.

Создание гибридов с большим потенциалом урожайности, равномерной его отдачей в течение периода плодоношения и высоким уровнем адаптации к условиям выращивания – важнейшее направ-

ление селекции [15]. Урожайность – это основной показатель мотивации нашей работы и возможность выплачивать кредиты, считает Б.В. Горкунов [16]. От урожайности, в значительной степени, зависит экономическая эффективность выращивания того или иного гибрида.

В настоящее время потенциал урожайности новых гибридов томата достаточно высок. Так, при выращивании крупноплодных гибридов томата уже достигнута урожайность 110 кг/м², среднеплодных гибридов томатов – 100 кг/м², сливовидных – 75 кг/м², а вишневидных – почти 35 кг/м².

Таким образом, при выращивании новых гибридов томата, отобраных специально для выращивания в условиях светокультуры, можно значительно повысить как урожайность, так и качество плодов, что, безусловно, повысит эффективность выращивания в этих условиях (табл.1,2). Гибриды томата отличаются по внешнему виду, по набору устойчивости к болезням в своем генотипе, а также по размеру, форме, окраске и вкусу плодов. Все многообразие гибридов томата на рынке представлено семеноводческими компаниями: из Нидерландов – Де Ройтер, Райк Цваан, Энза Заден, Аксия, Сингента, а также компаниями из России – Гавриш и Гриномика. В этом разнообразии гибридов не так легко разобраться. В каталогах селекционных компаний дается не вся необходимая и полезная информация о гибридах, зато много рек-

Таблица 1. Гибриды крупноплодного, среднеплодного и сливовидного томата, рекомендуемые к выращиванию в защищенном грунте в условиях светокультуры
Table 1. Hybrids of large-fruited, medium-fruited and plum tomatoes, recommended for growing in greenhouses under photoculture conditions

Форма и размер плода, г Окраска плода	Крупноплодный		Среднеплодный		Кистевой		Сливовидный	
	200-300		100-180		100-180		70-140	
Красная	Тореро DR		Лайстел DR Пауланка RZ Адмиро DR Канаваро EZ Энкор DR Миланеза EZ Экстенуза EZ Клаудино EZ Маттинаро EZ	EZ	Эндевер RZ Комит Sem Продезо RZ Трованзо RZ Калланзо RZ Премезо RZ Ротерно RZ Мерлис DR Севанс DR Комплис DR Боунтис DR Фуллтом RZ Максис Ax Ксавериус Ax Максеза EZ Сантиана RZ Белидо S		Савантас EZ Раминдо S Прунус DR Волантис DR Джорней DR Пламола RZ Прунакс Ax Амоурин RZ Т – 34 Г Бумер Г	
	Бартеза EZ Физума EZ Ензалина EZ Дуковери DR Ондеро DR Инспиред DR Киву RZ Таймыр RZ Ладога RZ Секуритас RZ Ксантеро Ax Максисел Ax Аркаим Г Крещендо Г Бувена S							
Розовая	Томимару МучоDR Тивай 12 RZ ХакимаруDR КавагучиRZ Киото Г		Азор Г		Хибачи RZ Хайку RZ Самурай Г		DRK 936 DR	
Желтая	ТУ 169 EZ		Лоренцо DR				Лемончелло Гр.	
Оранжевая	БиоранжDR		БолзаноDR				Органза DR Фанто Г	
Коричневая (шоколадная)			Наоми Г МонтенероRZ				Сармат Г Иман Г	

Селекционные компании: DR – DeRuiter; RZ – Rijk Zwaan; EZ – Enza Zaden; Ax – Axia; S – Singenta; Г – ГК «Гавриш», Гр. – Гриномика

ламы. Часто нет очень нужной информации о размере плодов, их количестве в соцветии, о наличии той или иной устойчивости в генотипе растения [13]. Наиболее полную информацию для себя мы нашли в каталогах компаний Де Ройтер и РайкЦваан, в том числе и по классификации томатов.

Структура площадей под культурой томата сильно изменилась в последние 3-4 года, что связано как с требованиями ранка, так и с значительным увеличением доли, занимаемой культурой томата в теплицах. Весьма существенно снизилась площадь под крупноплодными гибридами томата, хотя они отличаются максимальной отдачей урожая. Из этой группы томатов наиболее часто встречались в теплицах такие гибриды как: F₁ Тореро, F₁ Таймыр, F₁ Киву и др. В настоящее время крупноплодные гибриды интенсивно заменяются на среднеплодные и кистевые томаты. Это F₁ Мерлис, F₁ Комплис, F₁ Продезо, F₁ Макседа, F₁ Максис, F₁ Трованзо и др. Сортимент этих гибридов достаточен, он постоянно пополняется и обновляется.

Следует отдельно подчеркнуть, что для нашего рынка разница между среднеплодными и кистевыми гибридами практически отсутствует. Мы выращиваем кистевые томаты как среднеплодные срывные. Это сегодня самая большая ниша на рынке, эти гибриды занимают самые большие площади в теплицах. Кистевые гибриды (срезка соцветиями) в настоящее время выращиваются в небольших объемах, не велик спрос. Кроме того, они сложнее в

выращивании, а цена как у среднеплодных томатов. Возможно, это продукт будущего. Однако в настоящее время кистями собирают сливовидные томаты, а также коктейльные, специальные и черри-томаты.

Увеличился также спрос на «цветные» томаты (розовые, желтые, оранжевые и коричневые), однако выбор гибридов не достаточен, у значительного количества гибридов отсутствует устойчивость к настоящей мучнистой росе. Из цветных томатов наибольшее распространение имеют розовые. Достаточно широко в течение последних лет выращивали розовоплодный гибрид F₁ Томимару Мучо, отличающегося хорошими вкусовыми качествами. Сегодня ему на замену пришли гибриды F₁ Хакимару и F₁ Кавегучи, отличающиеся несколько большим размером плодов и устойчивостью к настоящей мучнистой росе. Из кистевых розовоплодных томатов достаточно широко выращивают F₁ Хибачи и F₁ Хайку, с устойчивостью к настоящей мучнистой росе, которые выращивают как кистевыми, так и срывными. Из гибридов томата с коричневой окраской плодов достаточно большие площади занимает F₁ Наоми в течение ряда лет. Он отличается достаточно крупным размером плодов, хорошей окраской и вкусом (табл.1).

Заметно изменилась в лучшую сторону востребованность рынка к сливовидным томатам. Основные площади заняты сливовидными томатами с красной окраской плодов. Да и выбор таких гибридов достаточно широкий. Они отличаются размером плодов, интенсивностью окраски, наличием устойчивости к

Таблица 2. Гибриды коктейльного, вишневидного и специального томатов, рекомендуемые к выращиванию в защищенном грунте в условиях светокультуры

Table 2. Hybrids of cocktail, cherry and special tomatoes, recommended for growing in greenhouses under photoculture conditions

Форма и размер плода, г Окраска плода	Коктейльный	Черри	Мини- сливовидный	Мини- блочный	Перцевидный и мини-перцевидн.
	25-45	10-20			
Красная	Киорано DR Куртино DR Флаворино DR Аморозо RZ Бриозо RZ Салуозо RZ Тимеакс Ax Анаиса EZ Лаудруп EZ Мопс Г	Хуанита DR Майорита DR DRK 564 DR Фаворита DR Тестери RZ Делтари RZ Шерами RZ Дженери RZ Рабаджино EZ Ксави Ax Томаджино EZ Томари RZ	Соларино RZ Свител S Васино RZ Ардилес EZ DR 0603 TCDR	Каприз DR Конфетто RZ Фортиус Гр.	Редетто RZ Идолини RZ
Розовая	Аннарозай EZ Малибу Г	Рознари RZ	Ардируоз EZ		
Желтая	Аннасан EZ	CB 0948 TC DR	Маджино RZ Ардисан EZ	Альтиус Гр.	
Оранжевая	Аннаоранж EZ		Санторанж DR Бамано S	Оперино RZ Цитиус Гр.	
Коричневая (шоколадная)			CB 0946 TC DR KM 5512 S		

Селекционные компании: DR – DeRuiter; RZ – Rijk Zwaan; EZ – Enza Zaden; Ax – Axia; S – Singenta; Г – ГК «Гавриш»; Гр. – Гриномика

настоящей мучнистой росе и высоким потенциалом урожайности (табл.1). Если говорить о сливовидных томатах с цветной окраской плодов, то их выбор крайне ограничен. В теплицах в условиях светокультуры чаще других выращивают гибрид с оранжевыми плодами F₁ Органза и гибрид с розовыми плодами F₁ DRK 936.

Достаточно большая группа коктейльных томатов, как говорится гибриды на любой вкус. Выращивание группы коктейльных томатов не находило широкого размаха с стране, что связано со спросом на рынке, но сейчас ситуация меняется. С прошлого года этот сегмент растет достаточно быстрыми темпами. Хочу сказать, что в данной работе коктейльный сливовидный томат F₁ Васиномы отнесли к мини-сливовидным, а F₁ Редетто – к перцевидным (табл.2).

Еще один, достаточно интересный сегмент выращивания в условиях искусственного облечения растений – это выращивание черри-томатов (вишневидных). В группу коктейльных и черри-томатов мы включили гибриды с поштучным сбором плодов и сборов кистями. Практически в каждом тепличном комбинате выращивают вишневидные томаты в тех или иных объемах. Урожайность этих гибридов не высока и не сравнима с урожайностью среднеплодных томатов, поэтому такие томаты поступают в сети в фасованном виде. В этом случае их выращивание эффективно и окупается ценой. Основные площади заняты красными черри-томатами, но вос-

требованы на рынке и гибриды с другой окраской плодов. Предложение по гибридам черри-томатов с красной окраской плодов достаточно большое, однако большая часть этих гибридов без устойчивости к настоящей мучнистой росе. Предложение по черри-томатам с другой окраской плодов – оставляет желать лучшего, оно явно недостаточно (табл. 2). Частично эта проблема решается за счет выращивания мини-сливовидных и мини-блочных томатов. На рынке они проходят как вишневидные томаты, выращиваются в достаточно больших количествах, упаковываются и продаются как черри-томаты. Да и выбор их достаточно большой. В настоящее время ниша этих томатов на рынке практически заполнена, цена на них стабилизировалась. В дальнейшем их выращивание будет зависеть от увеличения спроса на них. Мини-грушевидный томат F₁ Оперино мы отнесли к мини-блочным томатам.

Таким образом, светокультура томата в защищенном грунте страны занимает значительную часть теплиц. И уже появились гибриды томата, отобранные специально для этого сегмента выращивания, с отсутствием некротических пятен на листьях, однородной окраской плодов, без опадения плодов, с высоким потенциалом урожайности, устойчивостью к настоящей мучнистой росе, основным вирусным и другим болезням. А правильно подобранные гибриды обеспечивают не только повышение урожайности, но и качество плодов.

Об авторе:

Валентин Григорьевич Король – доктор с.-х. наук, главный специалист по агрономическому сопровождению

About the authors:

Valentin G. Korol – Doc. Sci. (Agriculture), chief specialist in agronomic support

• Литература

1. Перова В. Точки роста тепличного бизнеса. Как отмена господдержки и нестабильность цен влияют на отрасль. Райк Цваан и технологии. 2020;(3):10-15.
2. Ситников А. Рекордные показатели, несмотря на пандемию. Perfect Agriculture. Защищенный грунт. Специальный проект. 2020. 2-й квартал. С.8.
3. В России выросло потребление овощей защищенного грунта. Гавриш. 2020;(5):22-25.
4. Внедрение светокультуры овощей в АО «Тепличное», г. Саранск. Теплицы России. 2020;(2):26-28.
5. Итоги 2020 года. Овощи защищенного грунта. Гавриш. 2021;(1):20-23.
6. Гавриш С.Ф. Между наукой и производством – большое расстояние. Гавриш. 2020;(11):8-12.
7. Томат. Производство и потребление. Мир Теплиц. 2019;(4):16-18.
8. Аксенов И.А. Анализ динамики международных торговых операций на рынке овощей и фруктов. Овощи России. 2020;(1):86-93. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-86-93>
9. Перова В. Тепличные тенденции в России. Овощеводы в поисках эффективных моделей бизнеса. Райк Цваан и технологии. 2020;(3):16-20.
10. Цыдендамбаев А.Д. Томатный практикум: «Томаты: технология». Дайджест журнала «Мир Теплиц». 2018. 291 с.
11. Цыдендамбаев А.Д., Нестеров С.Ю., Семенов С.Н. Досвечивание овощных культур. Москва, ЗАО «Тепличный сервис 2014». 109 с.
12. Объединенные томатной лигой. Perfect Agriculture. Защищенный грунт РФ. 2020. 2-й квартал. Спец. Выпуск. С.34-38.
13. Тосунов Д. Предложение на любой вкус: нам есть чем удивить томатный рынок. Perfect Agriculture. Защищенный грунт РФ. 2020. 2-е полугодие. Спец. Выпуск. С.19-20.
14. Король В.Г. Опадение плодов томата: причины и предупреждение. Картофель и овощи. 2014;(5):21-22.
15. Тараканов Г.И. Селекция овощных культур на повышение продуктивности. Сб. «Селекция продуктивных сортов». М. 1986. С.43-62.
16. Горкунов Б.В. Успех зависит от технологии. Мир Теплиц. 2019. С.4-5.

• References

1. Perova V. Points of growth of the greenhouse business. How cancellation of state support and price volatility affect the industry. Rijk Zwaan and technology. 2020;(3):10-15. (In Russ.)
2. Sitnikov A. Record indicators, despite the pandemic. Perfect Agriculture. Protected ground. Special project. 2020. 2nd quarter. P.8. (In Russ.)
3. Consumption of greenhouse vegetables increased in Russia. Gavriush. 2020;(5):22-25. (In Russ.)
4. Introduction of vegetable photoculture in JSC "Teplichnoe", Saransk. Greenhouses of Russia. 2020;(2):26-28. (In Russ.)
5. Results of 2020. Protected vegetables. Gavriush. 2021;(1):20-23. (In Russ.)
6. Gavriush S.F. There is a great distance between science and production. Gavriush. 2020;(11):8-12. (In Russ.)
7. Tomato. Production and Consumption. World of Greenhouses. 2019;(4):16-18. (In Russ.)
8. Aksenov I.A. Analysis of the dynamics of international trade operations in the market of vegetables and fruits in Russia. Vegetable crops of Russia. 2020;(1):86-93. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-86-93>
9. Perova V. Greenhouse tendencies in Russia. Vegetable growers in search of effective business models. Rijk Zwaan and technology. 2020;(3):16-20. (In Russ.)
10. Tsydendambaev A.D. Tomato workshop: "Tomatoes: technology". Digest of the magazine "World of Greenhouses". 2018. 291 p. (In Russ.)
11. Tsydendambaev A.D., Nesterov S.Yu., Semenov S.N. Supplementing vegetable crops. Moscow. 2014. Greenhouse Service CJSC. 109 p. (In Russ.)
12. United Tomato League. Perfect Agriculture. Protected ground RF. 2020. 2nd quarter. Special. Release. P.34-38.
13. Tosunov D. Proposal for every taste: we have something to surprise the tomato market. Perfect Agriculture. Protected soil RF. 2020. 2nd half of the year. Specialist. Release. P.19-20. (In Russ.)
14. Korol V.G. Falling tomato fruits: causes and prevention. Potatoes and vegetables. 2014;(5):21-22. (In Russ.)
15. Tarakanov G.I. Selection of vegetable crops for increasing productivity, Sat. "Breeding of productive varieties". M., 1986. P.43-62. (In Russ.)
16. Gorkunov B.V. Success Depends on Technology. World of Greenhouses. 2019. P.4-5. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-78-82>
УДК 635.649:631.526.32(575.1)

Т.К. Холмунинов¹, М.Х. Арамов²

¹ НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля
111106, Республика Узбекистан,
Ташкентская область, Ташкентский район,
п/о Кок сарай

² Сурхандарьинская научно-опытная станция
НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля
101200, Республика Узбекистан,
Сурхандарьинская область, Термезский район,
Намуна

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы в равной мере
участвовали в планировании и постановке
эксперимента, а также в анализе экспери-
ментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Холмунинов Т.К., Арамов
М.Х. Перспективные сорта и гибриды F₁
перца сладкого для центральной зоны
Узбекистана. *Овощи России*. 2021;(4):78-82.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-78-82>

Поступила в редакцию: 29.05.2021

Принята к печати: 09.07.2021

Опубликована: 25.08.2021

Tulkin K. Kholmuminov¹,
Muzaffar Kh. Aramov²

¹ Research Institute of Vegetable and Melons and
Potatoes
Kuk saray, Tashkent district, Tashkent region,
Republic of Uzbekistan, 111106

² Surkhondarya Scientific Experimental Station of
the Research Institute of Vegetable, Melons and
Potatoes
Namuna, Termez district, Surkhondarya region,
Republic of Uzbekistan, 191208

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

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

For citations: Kholmuminov T.K., Aramov M.Kh.
Promising varieties and hybrids F₁ sweet pep-
per for the central zone of Uzbekistan.
Vegetable crops of Russia. 2021;(4):78-82. (In
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-78-82>

Received: 29.05.2021

Accepted for publication: 09.07.2021

Accepted: 25.08.2021

Перспективные сорта и гибриды F₁ перца сладкого для центральной зоны Узбекистана



Резюме

Актуальность. В Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендо-
ванных к посеву на территории Республики Узбекистан, включены 47 гибридов и сор-
тов перца сладкого. Из них 8 сортов и один гибрид F₁ отечественной селекции и 31 ги-
бридов F₁ – зарубежной. Однако многие из них, особенно зарубежной селекции, не отве-
чают требованиям местного рынка, не приспособлены к местным климатическим усло-
виям. В связи с этим проводили предварительное испытание включенных в Госреестр
сортов и гибридов, а также предлагаемых зарубежными фирмами гибридов F₁, с
целью выявления наиболее перспективных для условий Центральной зоны
Узбекистана.

Материал и методика исследований. В предварительное испытание были включены 20
сортов и гибридов F₁. Из них 7 сортов и 1 гибрид F₁ отечественной селекции, 2 сорта
и 10 гибридов F₁ зарубежной селекции. Опыты были заложены на экспериментальной
базе НИИ генетических ресурсов растений.

Результаты. В результате всесторонней оценки 20 сортов и гибридов F₁ перца сладко-
го выделены перспективные образцы как для селекционного, так и производственно-
го использования. Источниками раннеспелости могут служить гибриды Абай и
Клаудио, с продолжительностью периода «всходы – биологическая спелость плодов»
97-99 суток. Для создания крупноплодных сортов в селекционной работе следует
использовать гибриды F₁: Прокрафт, Даллас, Магно, Клаудио, Жемини и сорт Зумрад.
Для селекции толстостенных и очень толстостенных сортов и гибридов следует
использовать сорта Дар Ташкента, Сабо, Наргиза, Ласточка, Подарок Молдовы,
Шодлик, Зумрад и др., а также гибриды F₁ Прокрафт, Кадия. Высокая общая (43,0-54,1
т/га) и товарная (40,1-50,5 т/га) урожайность отмечено у гибридов F₁. Наиболее пер-
спективными являются гибриды Кадия, Прокрафт, Магно, Даллас с общей урожай-
ностью 50,1-54,1 т/га, против 47,5 т/га у стандарта F₁ Жайхун. Общая и товарная уро-
жайность испытанных сортов была значительно ниже по сравнению с гибридами F₁ и
составила 33,5-38,6 и 30,7-35,7 т/га соответственно

Ключевые слова: перец сладкий, сорт, гибрид F₁, межфазные периоды, высота расте-
ний, масса плода, форма плода, урожайность

Promising varieties and hybrids F₁ sweet pepper for the central zone of Uzbekistan

Abstract

Relevance. The State Register of agricultural crops recommended for sowing on the terri-
tory of the Republic of Uzbekistan includes 47 hybrids and varieties of sweet pepper. Of
these, 8 varieties and one F₁ hybrid of domestic selection and 31 F₁ hybrids of foreign
selection (State Register, 2021). However, many of them, especially those of foreign
selection, do not meet the requirements of the local market and are not adapted to local
climatic conditions.

In this regard, a preliminary test of varieties and hybrids included in the State Register, as
well as F₁ hybrids offered by foreign producers, was carried out in order to identify the
most promising varieties for the conditions of the Central zone of Uzbekistan.

Material and research methods. A preliminary tests included 20 varieties and F₁ hybrids: 7
varieties and 1 hybrid F₁ of domestic selection, 2 varieties and 10 F₁ hybrids of foreign
selection. The experiments were laid on the experimental base of the Research Institute of
Plant Genetic Resources.

Results. As a result of a comprehensive assessment of 20 varieties and hybrids of F₁ sweet
pepper, promising samples were identified for both breeding and industrial use. The
sources of early maturity can be the Abai and Claudio hybrids, with the duration of the peri-
od "seedlings - biological ripeness of fruits" 97-99 days. To create large-fruited varieties
in breeding work, F₁ hybrids should be used: Procraft, Dallas, Magno, Claudio, Gemini and
Zumrad variety. For breeding thick-walled and very thick-walled varieties and hybrids, the
varieties Dar Tashkenta, Sabo, Nargiza, Lastochka, Podarok Moldova, Shodlik, Zumrad,
etc., as well as F₁ hybrids Procraft, Cadia should be used. High total (43.0-54.1 t/ha) and
marketable (40.1-50.5 t/ha) yield was noted in hybrids F₁. The most promising hybrids are
Cadia, Procraft, Magno, Dallas with a total yield of 50.1-54.1 t/ha, against 47.5 t/ha for the
F₁ Zhaikhun standard. The total and marketable yield of the tested varieties was signifi-
cantly lower compared to hybrids F₁ and amounted to 33.5-38.6 and 30.7-35.7 t/ha,
respectively.

Keywords: sweet pepper, variety, F₁ hybrid, interphase periods, plant height, fruit weight,
fruit shape, yield

Введение

Перец относится к роду *Capsicum* Tourn., который объединяет 30 видов, из них 5 культурных: однолетний (*C. annuum* L.), кустарниковый (*C. frutescens*), называемый индейцами «чили», опушенный (*C. pubescens*), китайский (*C. chinense*) и *C. baccatum* [1, 2]. Из всех культурных видов перца самое широкое распространение в большинстве стран мира получил только наиболее полиморфный вид *Capsicum annuum* L. Этот вид – единственный, имеющий практическое значение в овощеводстве нашей страны.

Среди большого разнообразия сортов перца *Capsicum annuum* L. выделяют 13 разновидностей. Культивируемые сорта относятся в основном к трем из них: var. *grossum* (L.) Sendt. – круглая, var. *longum* (DC) Sendt. – длинная и var. *acuminatum* Fingerh. – длиннозаостренная [3].

Различные НИИ и селекционно-семеноводческие фирмы предлагают огромное количество сортов и гибридов F₁ перца сладкого. Селекционеры ВНИИОБ для юга России предлагают ряд перспективных сортов перца: Новичок ВНИИОБ, Дар Каспия, Атомор, Мраморный, Классика, Цыганский барон, Малютка и др. [4].

Агрохолдинг «Поиск» предлагает для свежего потребления и различных видов домашней кулинарной переработки, в качестве добавок к блюдам и консервам следующие сорта: с толстыми стенками, различной формой плода, с яркой окраской и сильным перечным ароматом – Красный бочонок, Оранжевый бочонок, Здоровяк и др. Сорта с укороченно-конусовидной и призмовидной формой Гномик, Эльф, Рубиновое ожерелье наиболее подходят для фарширования. Для приготовления лечо наиболее пригодны очень толстостенные сорта Корней, Тайфун, Доминатор, Линда. Из ранних сортов селекции агрохолдинга «Поиск» широкой популярностью пользуются Жаворонок, Князь серебряный, Оранжевый букет, Катрин, Соломон агро, Золотое чудо и гибриды F₁ Атлет, Фараон, Белогор. Среднеспелые сорта Болгарец, Гладиатор агро, Арсенал, Геракл, Доминатор, Золотой бочонок, Оранжевый бочонок, Красный меч, Здоровяк и гибриды F₁ Илона, Император, Альянс, Байкал, Премьер отлично подходят как для потребления в свежем виде, так и для консервирования, заморозки [5].

Для юга России также были предложены гибриды F₁ селекции Крымского селекционного центра «Гавриш» и НИИ овощеводства защищенного грунта: Казбек, Адлер, Арапат, Эривань, Терек и др. [6].

В Узбекистане перец входит в группу ведущих овощных культур. Кроме как основная культура, его выращивают в повторной культуре после зерновых и ранних овощей (лук, капуста, зеленные), в под пленочных укрытиях, пленочных теплицах без обогрева и др.

В Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан включены 47 сортов и гибридов перца сладкого. Из них 8 сортов и один гибрид F₁ отечественной селекции, 38 гибридов F₁ – зарубежной [7]. Однако многие из них, особенно зарубежной селекции, не отвечают требованиям местного рынка, не приспособлены к местным климатическим условиям.

В связи с этим нами проведено предварительное испытание включенных в Госреестр сортов и гибридов, а также новых, предлагаемых зарубежными фирмами гибридов F₁, с целью выявления наиболее перспективных для усло-

вий центральной зоны республики. В данной статье приведены морфобиологическая характеристика и урожайность испытанных сортов и гибридов F₁ перца сладкого.

Материал и методика исследований.

В предварительное испытание были включены 20 сортов и гибридов. Из них 7 сортов и один гибрид F₁ отечественной селекции, 2 сорта и 10 гибридов F₁ – зарубежной. опыты были заложены на экспериментальной базе НИИ генетических ресурсов растений. Опыт проводился в четырехкратной повторности. Площадь учетной делянки 12,0 м². Делянка двухрядковая. Количество растений на делянке 68 шт. Схема посадки 70 x 25 см. Исследования проводили согласно общеизвестным методикам [8, 9, 10].

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что по продолжительности межфазных периодов, а также вегетационного периода сорта и гибриды значительно различаются. Наиболее коротким периодом “всходы-цветение” отличаются зарубежные гибриды (70-79 сут.). Особо выделяются гибриды F₁: Абай, Клаудио, Жемини, с продолжительностью этого периода 70-73 суток. Из отечественных сортов наилучшими были Тонг и Наргиза (81-84 сут.). Такая же тенденция отмечено и по фазе “всходы-завязывание” (табл.1).

Все гибриды F₁ отличаются коротким периодом “всходы-техническая спелость”. Продолжительность этого периода у них составила 90-99 суток. Наилучшими по сравнению со стандартом оказались гибриды F₁ Кадия, Абай, Клаудио, Жемини, Атол, у которых отмечен наиболее короткий (на 4-7 сут.) по сравнению со стандартом период “всходы – техническая спелость”. Все испытанные гибриды входят в группу скороспелых (до 100 сут.). У сортов этот период был более продолжительным (115-135 сут.) по сравнению с гибридами F₁. Наиболее коротким он был у сортов Ласточка, Заря Востока, Наргиза – 115-117 суток, против 118 суток у стандарта Дар Ташкента. У сортов Зумрад, Сабо, Шодлик (125-135 сут.) этот период был более продолжительным, и они являются позднеспелыми. От всходов до биологической спелости изученным сортам потребовалось от 139 до 169 суток, гибридам F₁ – от 97 до 107 суток.

Знание морфобиологической характеристики образцов позволяет выделить наиболее перспективные для непосредственного использования как в производстве, так и в селекционной работе.

Проведенные перед уборкой технически спелых плодов биометрические учеты показали, что испытанные сорта оказались более низкорослыми (от 59 до 73 см) по сравнению с гибридами F₁ (от 85 до 127 см). Испытанные сорта по высоте растений можно разделить на две группы:

а) среднерослые (46-65 см) – Дар Ташкента, Зумрад, Сабо, Шодлик;

б) высокорослые (66-86 см) – Заря Востока, Наргиза, Тонг, Ласточка, Подарок Молдовы. Все испытанные гибриды F₁ (кроме стандарта F₁ Жайхун) входят в группу очень высокорослых, с высотой растения более 86 см. Наиболее высокорослыми были гибриды F₁: Магно (127 см), Даллас (115 см). Наибольшее количество боковых побегов также отмечено у гибридов F₁: от 6 до 9 шт. против от 4 до 6 – у сортов (табл.2).

Наибольшая масса плода отмечена у сорта Зумрад (115 г), наименьшая – у сорта Тонг (57 г). У других испы-

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов сортов и гибридов перца сладкого, 2019-2020 годы
Table 1. Duration of interfacial periods of varieties and hybrids of sweet pepper, 2019-2020

Название сорта или гибрида	От всходов до, сутки			
	цветения	завязывания	спелости плодов	
			технической	биологической
Дар Ташкента, ст.	87	98	118	147
Заря Востока	85	96	115	141
Зумрад	103	114	135	169
Сабо	90	101	129	153
Наргиза	81	93	117	144
Тонг	84	95	121	145
Ласточка	80	91	115	139
Подарок Молдовы	83	94	117	143
Шодлик	91	102	125	150
F ₁ Жайхун, ст.	77	86	97	105
F ₁ Прокрафт	79	88	95	107
F ₁ Клэйр	75	84	97	103
F ₁ Кадия	76	85	91	100
F ₁ Абай	70	81	90	97
F ₁ Магно	78	87	98	107
F ₁ Даллас	79	88	99	105
F ₁ Клаудио	71	80	90	99
F ₁ Жемини	73	82	90	105
F ₁ Лотта	78	88	97	107
F ₁ Атол	75	84	93	101

Таблица 2. Характеристика растений и плодов сортов и гибридов F₁ перца сладкого, 2019-2020 годы
Table 2. Characteristics of plants and fruits of varieties and hybrids F₁ sweet pepper, 2019-2020

Название сорта или гибрида	Растение		Плод			
	высота, см	количество боковых побегов, шт	масса, г	толщина перикарпия, мм	форма	окраска в технической спелости
Дар Ташкента, ст.	65	4	75	4-5	конусовидная	светло-зеленая
Заря Востока	67	5	70	3-4	конусовидная	молочная
Зумрад	61	4	115	6-8	призмовидная	темно-зеленая
Сабо	59	4	65	4-5	усеченно-пирамидальная	светло-зеленая
Наргиза	67	5	80	4-5	конусовидная	светло-зеленая
Тонг	66	4	57	2-3	пирамидальная	светло-зеленая
Ласточка	71	6	77	4-5	конусовидная	светло-зеленая
Подарок Молдовы	73	6	85	4-5	конусовидная	светло-зеленая
Шодлик	65	4	70	4-5	конусовидная	светло-зеленая
F ₁ Жайхун, ст.	85	6	103	3-4	конусовидная	светло-зеленая
F ₁ Прокрафт	91	7	170	5-8	усеченно-пирамидальная	темно-зеленая
F ₁ Клэйр	95	7	115	4-5	усеченно-пирамидальная	светло-зеленая
F ₁ Кадия	103	9	93	5-6	призмовидная	светло-зеленая
F ₁ Абай	101	6	100	4-5	призмовидная	темно-зеленая
F ₁ Магно	127	8	150	4-5	усеченно-пирамидальная	темно-зеленая
F ₁ Даллас	115	8	125	4-5	конусовидная	темно-зеленая
F ₁ Клаудио	107	7	175	4-5	конусовидная	темно-зеленая
F ₁ Жемини	95	7	183	4-5	усеченно-пирамидальная	темно-зеленая
F ₁ Лотта	97	6	67	4-5	конусовидная	светло-зеленая
F ₁ Атол	103	6	90	4-5	конусовидная	светло-зеленая



Рис. 1. Гибриды перца сладкого
Fig. 1. Sweet pepper hybrids

Таблица 3. Урожайность перспективных сортов и гибридов F₁ перца сладкого, 2019-2020 годы
Table 3. Productivity of promising varieties and hybrids of F₁ sweet pepper, 2019-2020

№	Название сорта, гибрида	Урожайность		Товарная		Нетоварная	
		т/га	% к стандарту	т/га	% к стандарту	т/га	% к стандарту
1	Дар Ташкента, ст.	33,5	100,0	30,7	100,0	2,8	100,0
2	Подарок Молдовы	38,0	113,4	35,7	116,3	2,3	82,1
3	Зумрад	38,6	115,2	35,6	116,0	3,0	107,1
4	Тонг	36,1	107,8	33,7	109,8	2,4	85,7
5	Сабо	35,9	107,2	33,4	108,8	2,5	89,3
6	Ласточка	35,3	105,4	33,4	108,8	1,9	67,9
7	Наргиза	34,7	103,6	32,5	105,9	2,2	78,6
8	Шодлик	33,8	100,9	31,1	101,3	2,7	96,4
9	Заря Востока	29,4	87,8	26,8	87,3	2,6	92,9
	НСР ₀₅	1,9		1,2			
10	F ₁ Жайхун, ст.	47,5	100	44,4	100	3,1	100
11	F ₁ Кадия	54,1	113,9	50,5	113,7	3,6	116,1
12	F ₁ Прокрафт	53,2	112,0	49,0	110,4	4,2	135,5
13	F ₁ Магно	51,6	108,6	48,1	108,3	3,5	112,9
14	F ₁ Даллас	50,1	105,5	47,0	105,8	3,1	110,0
15	F ₁ Клаудио	48,3	101,7	45,9	103,4	2,4	77,9
16	F ₁ Атол	47,7	100,4	44,7	100,7	3,0	96,7
17	F ₁ Абай	46,8	98,5	44,0	99,0	2,8	90,3
18	F ₁ Жемини	45,4	95,6	42,7	96,2	2,7	87,0
19	F ₁ Клэйр	44,4	93,5	41,8	94,7	2,6	83,9
20	F ₁ Лотта	43,0	90,5	40,1	90,3	2,9	93,5
	НСР ₀₅	2,1		1,5			

танных сортов масса плода колеблется от 65 до 85 г. У большинства гибридов F₁ плоды были крупными. Лишь гибриды Кадия, Лотта, Атол уступают стандарту. Очень крупными были плоды у гибридов F₁: Даллас (125), Магно (150), Прокрафт (170 г), Клаудио (175 г), Жемини (183 г). Толщина перикарпия (стенки плода) средняя была лишь у сортов Заря Востока, Тонг и у гибрида Жайхун (2-4 мм). У большинства гибридов и сортов толщина перикарпия составила 4-5 мм, т.е. они оказались толстостенными. Очень толстостенными были гибриды Прокрафт, Кадия и сорт Зумрад – с толщиной перикарпия 5-8 мм.

Наиболее важным признаком является форма и окраска плода. По форме плода испытанные сорта и гибриды могут быть сгруппированы следующим образом: конусовидные – Дар Ташкента, Заря Востока, Наргиза, Ласточка, Подарок Молдовы, Шодлик, гибриды F₁: Жайхун, Даллас, Клаудио, Лотта, Атол; призмовидные – Зумрад, F₁ Кадия, F₁ Абай; пирамидальные – Тонг; усеченно-пирамидальные – Сабо, F₁ Прокрафт, F₁ Клэйр, F₁ Магно, F₁ Жемини. Наибольшее число образцов имеют наиболее востребованную рынком конусовидную форму плода. Перспективными также являются сорта и гибриды, обладающие призмовидной формой.

Высокая общая (43,0-54,1 т/га) и товарная (40,1-50,5 т/га) урожайность отмечена у гибридов F₁. Наиболее перспективными являются гибриды Кадия, Прокрафт, Магно, Даллас с общей урожайностью 50,1-54,1 т/га против 47,5 т/га у стандарта F₁ Жайхун. По общей урожайности они превосходят стандарта на 5,5-13,9%.

Такое же явление отмечено и по товарной урожайности (табл.3). Общая и товарная урожайность испытанных сортов была значительно ниже по сравнению с гибридами F₁ и составила 33,5-38,6 и 30,7-35,7 т/га соответственно. Относительно лучшими по сравнению со стандартом оказались сорта Подарок Молдовы, Зумрад, Тонг, которые на 7,8-13,4% по общей и на 9,8-16,3% по товарной урожайности превышают стандарта.

Выводы

Таким образом в результате изучения 20 сортов и гибридов F₁ перца сладкого выделены ценные источники хозяйственно важных и морфобиологических признаков. Источниками раннеспелости могут служить гибриды F₁ Абай и Клаудио с продолжительностью периода “всходы- биологическая спелость плодов” 97-99 суток. Для создания крупноплодных сортов в селекционной работе следует использовать гибриды F₁ Прокрафт, Даллас, Магно, Клаудио, Жемини и сорт Зумрад. Для селекции толстостенных и очень толстостенных сортов и гибридов следует использовать сорта Дар Ташкента, Сабо, Наргиза, Ласточка, Подарок Молдовы, Шодлик, Зумрад и др., а также гибриды F₁ Прокрафт, Кадия.

Гибриды Кадия, Прокрафт, Магно, Даллас с высокой общей и товарной урожайностью предложены для включения в Госреестр Республики Узбекистан. Селекционерам республики следует интенсифицировать исследования по созданию гибридов F₁ перца сладкого.

Об авторах:

Тулкин Косимович Холмунинов – кандидат сельскохозяйственных наук, докторант НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля, sabkiti@ilm.uz

Музаффар Хашимович Арамов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Сурхандарьинской научно опытной станции НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля, aramov-muzaffar@mail.ru

About the authors:

Tulkin K. Kholmuminov – Cand. Sci. (Agriculture), doctoral student at the Research Institute of Vegetable, Melons and Potatoes, sabkiti@ilm.uz

Muzaffar Kh. Aramov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Director of the Surkhandarya Scientific Experimental Station of the Research Institute of Vegetable and Melons Crops and Potatoes, aramov-muzaffar@mail.ru

• Литература

1. Пышная О.Н. Научное обоснование системы методов селекции и семеноводства перца сладкого и острого для средней полосы России. М., 2005. 276 с.
2. Пивоваров В.Ф. Овощи России. М., ВНИССОК. 2006. 384 с.
3. Пивоваров В.Ф., Мамедов М.И., Бочарникова П.И. Пасленовые культуры (томат, перец, баклажан, физалис). М., 1998. 293 с.
4. Авдеев А.Ю., Кигашпаева О.П., Бажмаева Ф.К., Сысенгалиева С.Т. Перспективные сорта перца сладкого. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017;(11):65-69.
5. Коткова Л. Коллекция лучших селекционных разработок на предстоящий сезон // Поиск. 2020;4(12):4-5.
6. Капустина Р.Н., Волков А.А. Перспективные гибриды перца сладкого для юга России. Вестник овощевода. 2010;(2):2-4.
7. Государственный реестр сельскохозяйственных культур, рекомендованных к посеву на территории Республики Узбекистан. Ташкент. 2021. С.50-51.
8. Методические указания по селекции сортов и гибридов перца и баклажана для открытого и защищенного грунта. М., ВНИССОК. 1997. 96 с.
9. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции овощных пасленовых культур (томаты, перцы, баклажаны). Л., 1977. 23 с.
10. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов. М., 1982. 312 с.

• References

1. Pyshnaya O.N. Scientific substantiation of the system of methods of selection and seed production of sweet and hot peppers for central Russia. M., 2005. 276 p. (In Russ.)
2. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. M., VNISSOK. 2006. 384 p.
3. Pivovarov V.F., Mamedov M.I., Bocharnikova P.I. Solanaceous crops (tomato, pepper, eggplant, physalis). M., 1998. 293 p. (In Russ.)
4. Avdeev A.Yu., Kigashpaeva O.P., Bazhmaeva F.K., Sysengalieva S.T. Promising varieties of sweet pepper. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2017;(11):65-69. (In Russ.)
5. Kotkova L. Collection of the best breeding developments for the upcoming season. Poisk. 2020;4 (12):4-5. (In Russ.)
6. Kapustina R.N., Volkov A.A. Promising hybrids of sweet pepper for the south of Russia. Vestnik ovoshchevoda. 2010;(2):2-4. (In Russ.)
7. State register of agricultural crops recommended for sowing on the territory of the Republic of Uzbekistan. Tashkent. 2021. P.50-51. (In Russ.)
8. Guidelines for the selection of varieties and hybrids of pepper and eggplant for open and protected ground. M., VNISSOK. 1997. 96 p. (In Russ.)
9. Guidelines for the study and maintenance of the world collection of vegetable nightshade crops (tomatoes, peppers, eggplants). L., 1977. 23 p. (In Russ.)
10. Guidelines for approbation of vegetable crops and fodder root crops. M., 1982. 312 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-83-93>
УДК 635.25:(631.563+339.3)

Е.В. Янченко, А.Р. Бебрис

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
140153, Россия, Московская обл., Раменский р-н, д. Верея, стр. 500

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Янченко Е.В., Бебрис А.Р. Сроки лежкости и реализации лука репчатого в зависимости от системы питания. *Овощи России*. 2021;(4):83-93.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-83-93>

Поступила в редакцию: 27.06.2021

Принята к печати: 17.07.2021

Опубликована: 25.08.2021

Elena V. Yanchenko, Artem R. Bebris

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

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

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

For citations: Yanchenko E.V., Bebris A.R. Periods of keeping quality and realization of onions depending on the nutrition system. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):83-93. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-83-93>

Received: 27.06.2021

Accepted for publication: 17.07.2021

Accepted: 25.08.2021

Сроки лежкости и реализации лука репчатого в зависимости от системы питания



Резюме

Актуальность. Производство лука репчатого и его сохранность для круглогодичного обеспечения населения – важная стратегическая задача. В марте-мае часто возникает дефицит лука репчатого из-за высоких потерь при хранении и неправильного определения оптимальных сроков реализации.

Методы. Исследования по влиянию удобрений и регуляторов роста растений на сохраняемость гибридов лука репчатого проводили в 2014-2017 годах во ВНИИО - филиале ФНЦО. Испытывали 3 гибрида лука репчатого, выращенные в однолетней культуре на 6 вариантах фонов питания растений. Уборку урожая (репки) лука репчатого осуществляли вручную с последующей просушкой в теплице и закладыванием на хранение в овощехранилище при температуре -1...0°C и влажности 80-90%.

Результаты и обсуждение. Определены оптимальная продолжительность хранения новых гибридов и сроки реализации продукции при хранении в условиях охлаждения для лука репчатого, выращенного в однолетней культуре. Получены математические описания зависимостей общих потерь от продолжительности хранения и влияние удобрений и регуляторов роста, что имеет важное практическое значение для агропромышленного комплекса.

Выводы. Выявлено положительное влияние на сохраняемость лука репчатого обработок вегетирующих растений растворами калийной селитры (10 кг/га), Циркона (0,25 л/га) и Тенсо Коктейля (0,7 кг/га) на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$. Максимальный выход товарной продукции после 7 месяцев хранения при -1...0°C и 80-90% влажности воздуха у Беннито F₁ был в варианте $N_{90}P_{90}K_{90} + KNO_3$ Циркон + Тенсо-Коктейль – 89,6%, потери от болезней – 2,8%; у Поиск 012 F₁ – в варианте с применением Циркона на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 52,1%, потери от болезней – 31,2%; у Первенец F₁ – в варианте $N_{90}P_{90}K_{90} + KNO_3$ – 91,4%, потери от болезней – 1,4%. Наилучшей сохраняемостью при трёх- и семимесячном хранении отличался Первенец F₁. В целом применение микроудобрений и регулятора роста оказывало положительное влияние на сохраняемость лука репчатого.

Ключевые слова: лук репчатый, гибриды, лежкость, сохраняемость, сроки реализации, удобрения, регуляторы роста

Periods of keeping quality and realization of onions depending on the nutrition system

Abstract

Relevance. The production of onions and its preservation for the year-round provision of the population is an important strategic task. In March-May, there is often a shortage of onions due to high storage losses and incorrect determination of the optimal timing of implementation.

Methods. Studies on the effect of fertilizers and plant growth regulators on the preservation of onion hybrids were conducted in 2014-2017 at the ARRIVG-branch of the FSVC. We tested 3 hybrids of onions grown in an annual culture on 6 variants of plant nutrition backgrounds. Harvesting of onions (turnips) was carried out manually, followed by drying in a greenhouse and laying for storage in a vegetable storehouse at a temperature of -1...0°C and a humidity of 80-90%.

Results and discussion. The optimal duration of storage of new hybrids and the terms of sale of products when stored in cooling conditions for onions. Data on the shelf life and implementation of onion hybrids, depending on the nutrition background, are presented. Mathematical descriptions of the dependences of the total losses of 3 modern hybrids on the duration of storage and the influence of fertilizers and growth regulators are obtained, which is of great practical importance for the agricultural and industrial complex.

Conclusions. A positive effect on the preservation of onions of treatments of vegetative plants with solutions of potassium nitrate (10 kg/ha), Zircon (0.25 l/ha) and Tenso Cocktail (0.7 kg/ha) against the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ was revealed. The maximum yield of marketable products after 7 months of storage at -1...0°C and 80-90% humidity in Bennito F₁ was on the $N_{90}P_{90}K_{90} + KNO_3$ Zircon + Tenso Cocktail variant-89,6%, losses from diseases 2,8%; Poisk 012 F₁ on the variant with the use of Zircon against the background of $N_{90}P_{90}K_{90}$ -52,1%, losses from diseases 31,2%; Pervenec F₁ on the $N_{90}P_{90}K_{90} + KNO_3$ variant-91,4%, losses from diseases 1,4%. Pervenec F₁ was distinguished by the best preservation during three- and seven-month storage. In general, the use of micro-fertilizers and a growth regulator had a positive effect on the preservation of onions.

Keywords: onion, hybrids, keeping quality, preservation, periods of realization, fertilizers, growth regulators

Введение

Обеспечение сохранности урожая с минимальными потерями является первостепенной целью растениеводческой отрасли сельского хозяйства. Лук репчатый в свежем виде употребляется в пищу в течение всего года, а производится сезонно, поэтому сохранность его продукции является важной задачей для производства.

В обновленных Минздравом РФ нормативах душевого потребления овощей сохранен прежний показатель лука – 10 кг/человека. Исходя из этого норматива и численности населения, потребность населения Российской Федерации лука – 1,5 млн т [1].

Недостаток овощей собственного производства частично покрывается за счет межрегионального обмена, приграничной торговли и импорта. В целом по стране импорт лука составляет 8,7% [2].

Импортные поставки в 2019-2020 годах формируются в основном за счет Египта, Китая, Казахстана, Узбекистана, Азербайджана и Турции. Основной объем ввоза репчатого лука в РФ приходится на период с марта по июль. Сезонность ввоза во многом обусловлена повышенным предложением со стороны некоторых крупных стран-поставщиков и относительно невысоким уровнем предложения российского лука в этот период [3].

На качество и сохранность продукции кроме наследственных особенностей сорта, влияют условия выращивания и технология хранения, важную роль при этом играют условия минерального питания культуры при выращивании [4, 5, 6].

Промышленное хранение овощей всегда должно быть ориентировано на наиболее прогрессивные методы технологии хранения [6, 7, 8].

Важнейший фактор, определяющий пригодность лука для длительного хранения, – инфекционный фон продукции, зараженность ее возбудителями грибных, бактериальных, микоплазменных и вирусных заболеваний, а также вредителями [9-16].

Поэтому обобщение экспериментальных данных по сохраняемости и болезнеустойчивости лука репчатого, а также определение наиболее перспективных гибридов и технологии возделывания на аллювиальных луговых почвах Замоскворецкой поймы с целью дальнейшего длительного хранения имеет большое научно-практическое значение.

Материалы и методика

Исследования по влиянию удобрений и регуляторов роста растений на сохраняемость гибридов лука репчатого проводили в 2014-2017 годах во ВНИИО – филиале ФНЦО. Испытывали 3 гибрида лука репчатого, выращенные в однолетней культуре на 6 вариантах фонов питания растений. Почва опытного участка хорошо

окультуренная, имеет высокий уровень естественного плодородия. Кислотность 5,6-6,0 единиц pH, содержание гумуса в пахотном слое 3-3,1%, общего азота 0,2-0,22%, нитратного азота (май) 1,4-3,3 мг/100 г, подвижного фосфора (по Чирикову) 21-24 мг/100 г, калия (по Чирикову) – 9-12 мг/100 г. Гидролитическая кислотность низкая (0,7-1,2 мг-экв/100 г), сумма обменных оснований (28-30 мг-экв/100 г) и степень насыщенности основаниями (более 95%) высокая. Уборку урожая (репки) лука репчатого осуществляли вручную с последующей просушкой в теплице и закладыванием на хранение в овощехранилище при температуре -1...0°C и влажности 80-90%. Хранение продукции осуществлялось в овощехранилище при температуре 0...-1°C и влажности воздуха 80-90% в полимерных ящиках.

Результаты исследований и их обсуждение

Как показали наши исследования, естественная убыль массы и бактериальная гниль наблюдались у всех изучаемых гибридов лука репчатого при зимне-весеннем хранении. Кроме того, в отдельных вариантах наблюдалась шейковая и донцевая гнили.

В таблицах 1-3 представлены результаты хранения лука репчатого в зависимости от фонов питания растений. Оценка проведена по показателям выхода стандартной продукции, убыли массы, потерь от болезней, в том числе по видовому составу (рис. 1-3).

Беннито F₁. Выход товарной продукции в середине хранения составил 91,5-94,8% в зависимости от условий питания при выращивании, т.е. потери в виде убыли массы и от болезней составили за 3 месяца хранения 2,5-6,1% и 1,4-2,7% соответственно (табл. 1, рис. 1). К концу хранения выход товарной продукции составил 86,9-89,6% за счёт возрастания естественной убыли массы (7,5-9,9%) и увеличении потерь от болезней (2,2-3,4%) при удлинении сроков хранения.

Если в середине хранения положительного влияния условий выращивания лука репчатого на его сохранность не наблюдается (потери от болезней во всех вариантах с фонами питания выше на 0,5-1,3%, чем на контроле), то к концу хранения картина меняется. В вариантах с внесением N₉₀P₉₀K₉₀, KNO₃, Циркона, Тенсо Коктейля как отдельно, так и в комплексе убыль массы сокращается на 1-2,4%, потери от болезней – на 0,3-1%, что в сумме даёт повышение выхода товарной продукции – до 87,8-89,6% против 86,9% на контроле.

По видам болезней преобладают потери от бактериальной гнили, наблюдавшейся во всех вариантах опыта, а в варианте NPK + Тенсо Коктейль, кроме того, потери (0,5%) от донцевой гнили.

Максимальный выход товарной продукции и минимальная естественная убыль массы как в середине хранения, так и в конце, выявлена в варианте выращивания N₉₀P₉₀K₉₀ + KNO₃ + Циркон + Тенсо Коктейль.

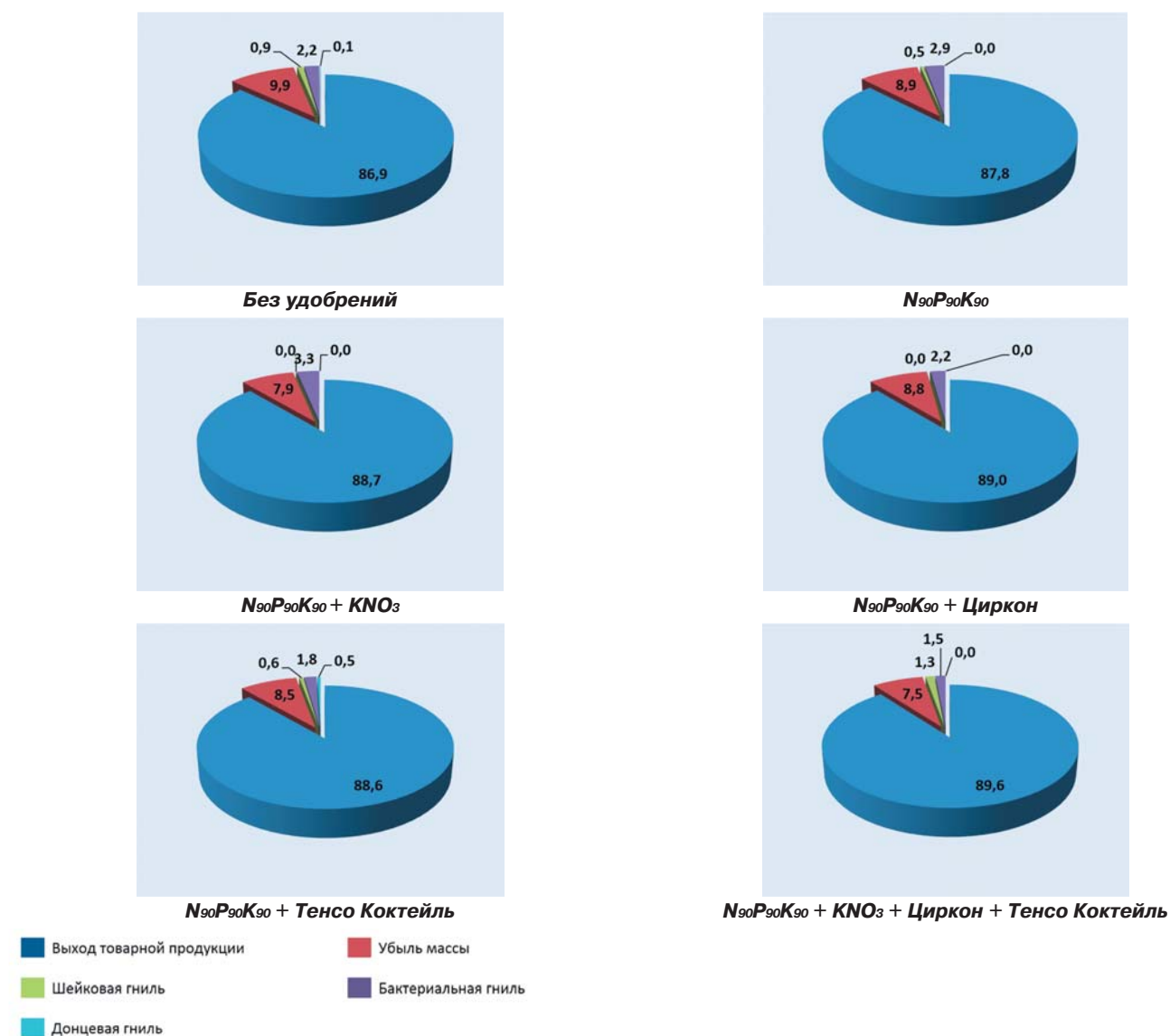


Рис. 1. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Беннито F₁ после 7 месяцев хранения (2014-2017 годы)

Fig. 1. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Bennito F₁ onions after 7 months of storage (2014-2017)

Таблица 1. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Беннито F₁ (2014-2017 годы)
Table 1. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Bennito F₁ onions (2014-2017)

Фон питания	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней			
			всего	по видам болезней		
				шейковая гниль	бактериальная гниль	донцевая гниль
Январь (середина хранения)						
Без удобрений (к.)	94,6	4,0	1,4	0,4	1,0	0,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	93,5	4,6	1,9	0,1	1,8	0,0
NPK + KNO ₃	93,9	3,6	2,4	0,4	2,0	0,0
NPK + Циркон	93,2	4,4	2,4	0,8	1,5	0,1
NPK + Тенсо Коктейль	91,5	6,1	2,4	1,0	0,9	0,5
NPK + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	94,8	2,5	2,7	0,7	2,0	0,0
Среднее	93,6	4,2	2,2	0,6	1,5	0,1
Май (конец хранения)						
Без удобрений (к.)	86,9	9,9	3,2	0,9	2,2	0,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	87,8	8,9	3,4	0,5	2,9	0,0
NPK + KNO ₃	88,7	7,9	3,3	0,0	3,3	0,0
NPK + Циркон	89,0	8,8	2,2	0,0	2,2	0,0
NPK + Тенсо Коктейль	88,6	8,5	2,9	0,6	1,8	0,5
NPK + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	89,6	7,5	2,8	1,3	1,5	0,0
Среднее	88,4	8,6	3,0	0,6	2,3	0,1
HCP ₀₅	1,0-1,5	0,8-1,5	0,4-0,8	0,5-0,9	0,7-1,3	-

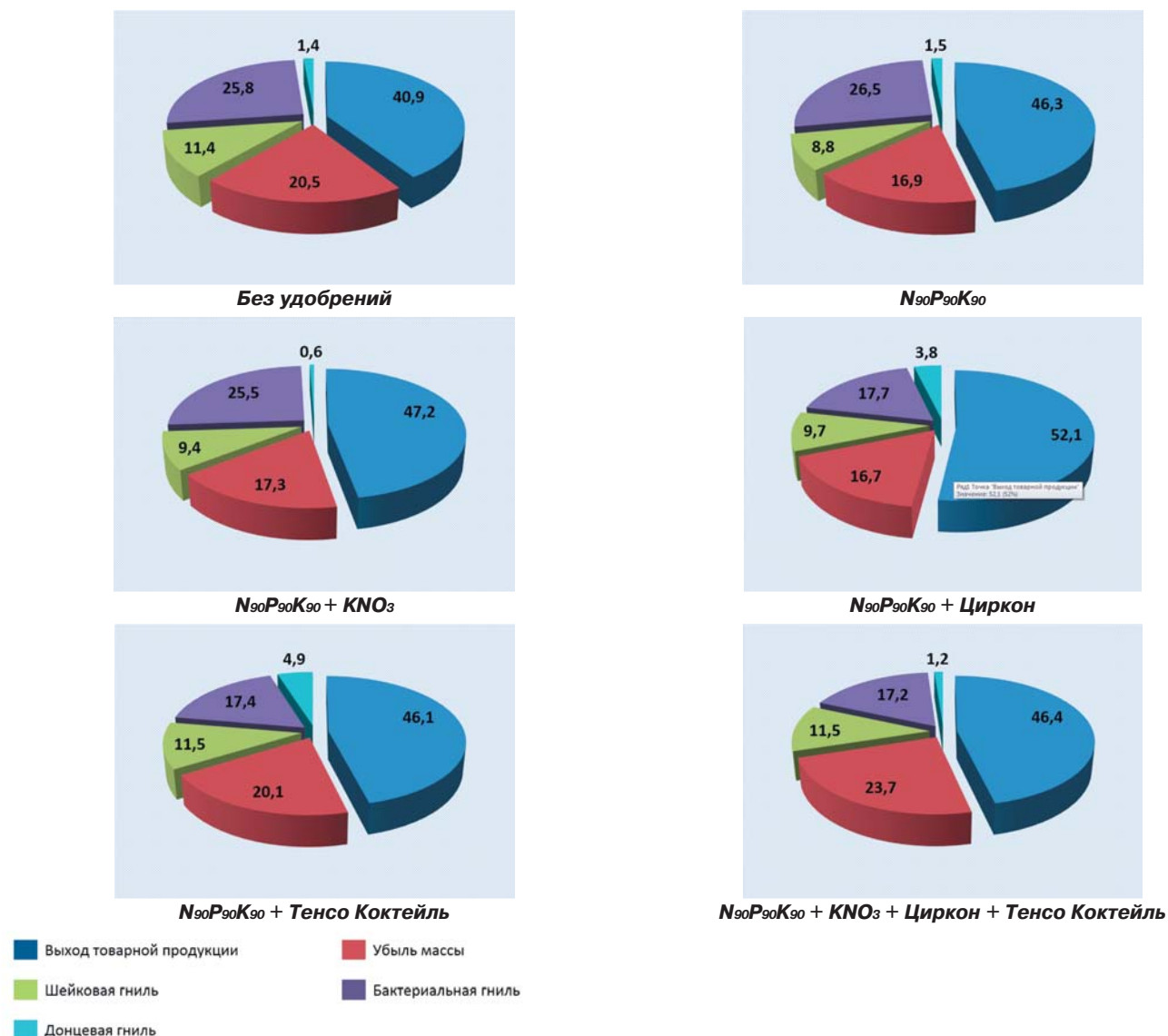


Рис. 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Поиск 012 F₁ после 7 месяцев хранения (2014-2017 годы)

Fig. 2. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Poisk 012 F₁ onions after 7 months of storage (2014-2017)

Таблица 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Поиск 012 F₁ (2014-2017 годы)
Table 2. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Poisk 012 F₁ onions (2014-2017)

Фон питания	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней			
			всего	по видам болезней		
				шейковая гниль	бактериальная гниль	донцевая гниль
Январь (середина хранения)						
Без удобрений (к.)	63,8	8,6	27,7	11,1	16,6	0,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	74,7	7,9	17,4	8,0	9,0	0,4
НРК + KNO ₃	78,4	7,6	14,0	5,8	8,2	0,0
НРК + Циркон	75,4	7,3	17,3	6,5	10,0	0,8
НРК + Тенсо Коктейль	71,4	8,7	19,9	11,8	7,5	0,6
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	71,6	9,0	19,5	4,9	14,6	0,0
Среднее	72,6	8,2	19,3	8,0	11,0	0,30
Май (конец хранения)						
Без удобрений (к.)	40,9	20,5	38,6	11,4	25,8	1,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46,3	16,9	36,8	8,8	26,5	1,5
НРК + KNO ₃	47,2	17,3	35,5	9,4	25,5	0,6
НРК + Циркон	52,1	16,7	31,2	9,7	17,7	3,8
НРК + Тенсо Коктейль	46,1	20,1	33,8	11,5	17,4	4,9
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	46,4	23,7	29,9	11,5	17,2	1,2
НСР ₀₅	2,8-3,7	3,1-3,7	1,2-1,9	2,9-3,5	2,1-3,8	0,9-2,2
Среднее по опыту	46,5	19,2	34,3	10,4	21,7	2,23

Поиск 012 F₁. Установлено существенное влияние условий выращивания на сохраняемость (табл. 2, рис. 2). К середине хранения выход товарной продукции составил 63,8-78,4%, а к концу хранения – 40,9-52,1%. Основной вклад составили потери от болезней (17,3-27,7% в середине хранения и 29,9-38,6% в конце хранения) и естественная убыль массы (7,3-9,0% в середине и 16,7-23,7% в конце).

Применение удобрений и регуляторов роста при выращивании лука положительно сказалось на сохраняемости луковиц при хранении. По сравнению с вариантом без удобрений (контроль) выход товарной продукции на различных фонах питания увеличился в январе на 7,6-14,6%, в мае – на 5,2-11,2%.

В середине хранения наибольший выход стандартной продукции (78,4%) при небольших потерях от болезней обеспечил вариант N₉₀P₉₀K₉₀ + KNO₃. В конце хранения лучшие результаты получены на варианте N₉₀P₉₀K₉₀ + Циркон – 52,1% за счёт наименьшей величины убыли массы и одной из низких величин

потерь от болезней, достоверно отличающийся от других вариантов опыта.

Применение подкормок вегетирующих растений лука репчатого на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ Тенсо Коктейлем как отдельно, так и в комплексе с KNO₃ и Цирконом, отрицательно сказывалось на выходе товарной продукции за счёт возрастания естественной убыли массы во все сроки наблюдений.

В видовом составе болезней преобладала бактериальная (17,2-26,5% в конце хранения) и шейковая (8,8-11,5%) гнили.

Первенец F₁. Вне зависимости от условий питания при выращивании, луковицы этого гибрида отличались лучшей сохранностью как в середине (январь), так и в конце (май) хранения (табл. 3, рис. 3). Выход товарной продукции после 3 месяцев хранения составил 93,3-96,0%, в конце хранения (май) – 87,9-91,4% и был наибольшим из трёх изучаемых гибридов.

Применение удобрений в основное внесение и обработка калийной селитрой, Цирконом, Тенсо Коктейлем,

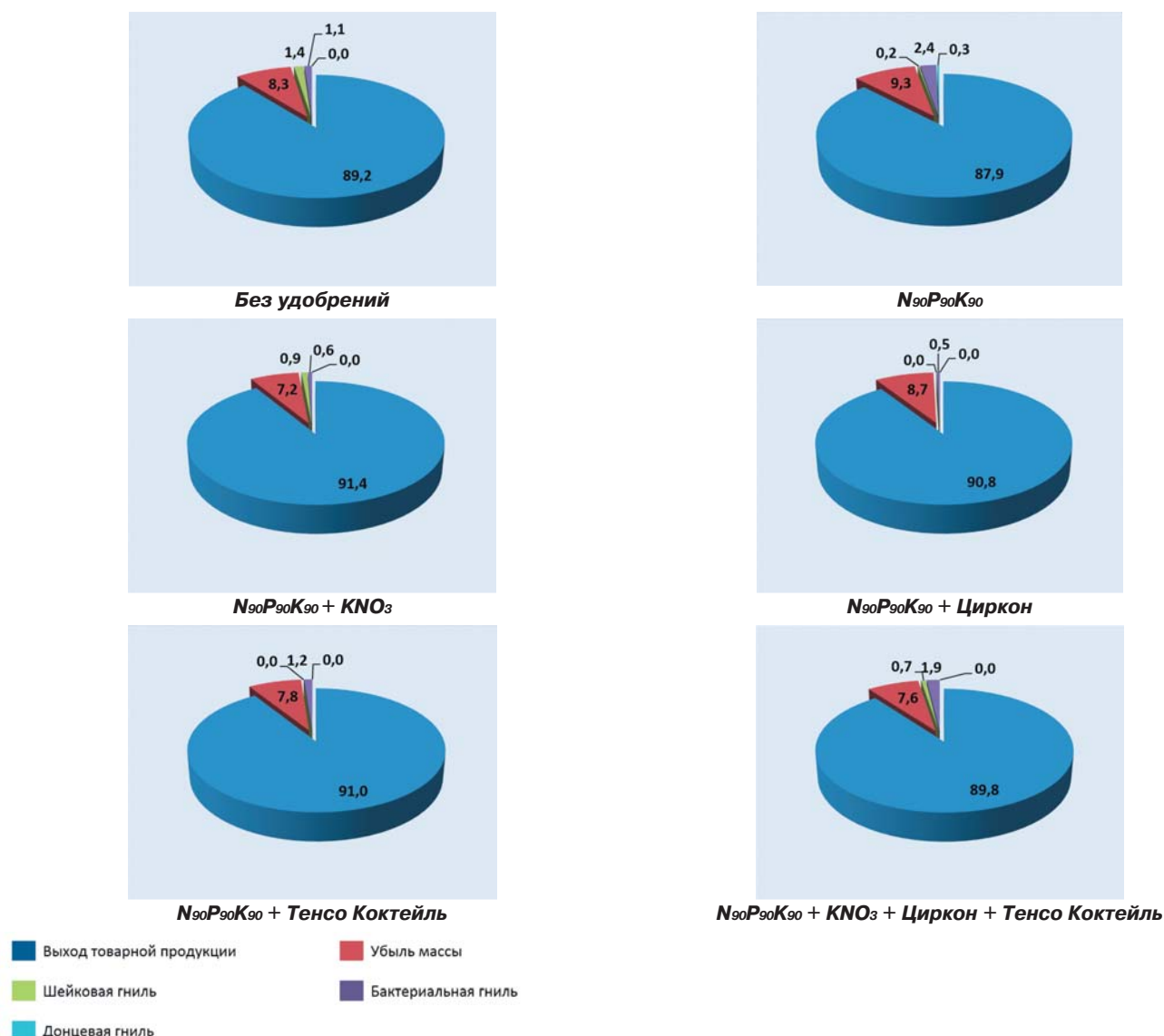


Рис. 3. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Первенец F₁ после 7 месяцев хранения (2014-2017 годы)

Fig. 3. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Pervenets F₁ onions after 7 months of storage (2014-2017)

Таблица 3. Влияние удобрений и регуляторов роста на сохранность лука репчатого Первенец F₁ (2014-2017 годы)
Table 3. Influence of fertilizers and growth regulators on the safety of Pervenets F₁ onions (2014-2017)

Фон питания	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней			
			всего	по видам болезней		
				шейковая гниль	бактериальная гниль	донцевая гниль
Январь (середина хранения)						
Без удобрений (к.)	94,5	4,6	0,9	0,6	0,3	0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	94,4	3,6	2,0	0,5	1,5	0
НРК + KNO ₃	96,0	3,5	0,5	0,0	0,5	0
НРК + Циркон	95,9	3,3	0,8	0,0	0,8	0
НРК + Тенсо Коктейль	95,6	4,4	0,0	0,0	0,0	0
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	93,3	4,0	2,7	1,3	1,4	0
Среднее	95,0	3,9	1,2	0,4	0,8	0,00
Май (конец хранения)						
Без удобрений (к.)	89,2	8,3	2,5	1,4	1,1	0,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	87,9	9,3	2,8	0,2	2,4	0,3
НРК + KNO ₃	91,4	7,2	1,4	0,9	0,6	0,0
НРК + Циркон	90,8	8,7	0,5	0,0	0,5	0,0
НРК + Тенсо Коктейль	91,0	7,8	1,2	0,0	1,2	0,0
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	89,8	7,6	2,6	0,7	1,9	0,0
НСР ₀₅	0,9-1,6	1,1-1,7	0,8-1,2	0,3-0,7	0,4-1,2	-
Среднее по опыту	90,0	8,2	1,8	0,5	1,3	0,05

раздельно или в комплексе, растений лука при выращивании, приводило преимущественно к уменьшению естественной убыли массы при хранении, особенно – в начальный период.

Раздельная обработка растений KNO₃, Цирконом и Тенсо Коктейлем на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ приводила к снижению потерь от болезней как в середине хранения (с 2% до 0-0,8%), так и конце (с 2,8% до 0,5-1,4%). В этих вариантах выявлен и наибольший выход стандартной продукции после трёх (95,6-96%) и семи (90,8-91,4%) месяцев хранения.

Комплексное применение N₉₀P₉₀K₉₀ + KNO₃ + Циркон + Тенсо Коктейль при выращивании лука стабильно

увеличивало потери от болезней при его хранении (до 2,6-2,7%), из-за чего выход стандартной продукции достоверно не отличался от контроля (без удобрений).

Минимальный выход стандартной продукции (87,9%) после 7 месяцев хранения отмечен на варианте выращивания N₉₀P₉₀K₉₀, за счёт увеличения естественной убыли массы (до 9,3%) и потерь от болезней (до 2,8%).

В видовом составе болезней преобладала бактериальная гниль (0,8 и 1,3% в среднем по опыту). Минимальная поражаемость бактериальной гнилью при длительном хранении получена на варианте НРК + Циркон (0,5%).

Таблица 4. Сравнительная оценка обработок растений лука репчатого на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ на сохранность луковиц в конце хранения (май), ± к фону
Table 4. Comparative assessment of onion plant treatments on the ground of N₉₀P₉₀K₉₀ for the safety of bulbs at the end of storage (May), ± to the ground

Обработка	Бенито F ₁			Поиск 012 F ₁			Первенец F ₁		
	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней	Выход товарной продукции	Убыль массы	Потери от болезней
KNO ₃	+0,9	-1,0	-0,1	+0,9	+0,4	-1,3	+3,5	-2,1	-1,4
Циркон	+1,2	-0,1	-1,2	+5,8	-0,2	-5,6	+2,9	-0,6	-2,3
Тенсо Коктейль	+0,8	-0,4	-0,5	-0,2	+3,2	-3,0	+3,1	-1,5	-1,6
KNO ₃ +Циркон+Тенсо Коктейль	+1,8	-1,4	-0,6	+0,1	+6,8	-6,9	+1,9	-1,7	-0,2
В среднем	+1,2	-0,7	-0,6	+1,7	+2,6	-4,2	+2,8	-1,5	-1,4

Обработки вегетирующих растений лука калийной селитрой, Цирконом и Тенсо Коктейлем, отдельно или в комплексе, в целом положительно влияла на выход товарной продукции после 7 месяцев хранения для трёх изучаемых гибридов (табл. 4). Обработка растений лука калийной селитрой особенно эффективна была при хранении луковиц Первенца F_1 , повышая выход товарной продукции на 3,5% за счёт снижения убыли массы на 2,1% и потерь от болезней – на 1,4%. Для Беннито F_1 и Поиск 012 F_1 применение KNO_3 увеличивало выход товарной продукции к концу хранения только на 0,9%.

Применение Циркона на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ имело хороший эффект при хранении луковиц Поиск 012 F_1 и Первенца F_1 , повышая выход товарной продукции на 5,8% и 2,9% соответственно, преимущественно за счёт снижения потерь от болезней (на 5,6 и 2,3%). Для Беннито F_1 также выявлено повышение выхода товарной продукции на 1,2%.

Обработка растений лука Тенсо Коктейлем на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ увеличивала выход товарной продукции (на 3,1%) за счёт снижения убыли массы (на 1,5%) и потерь от болезней (на 1,6%) при хранении Первенца F_1 . Для

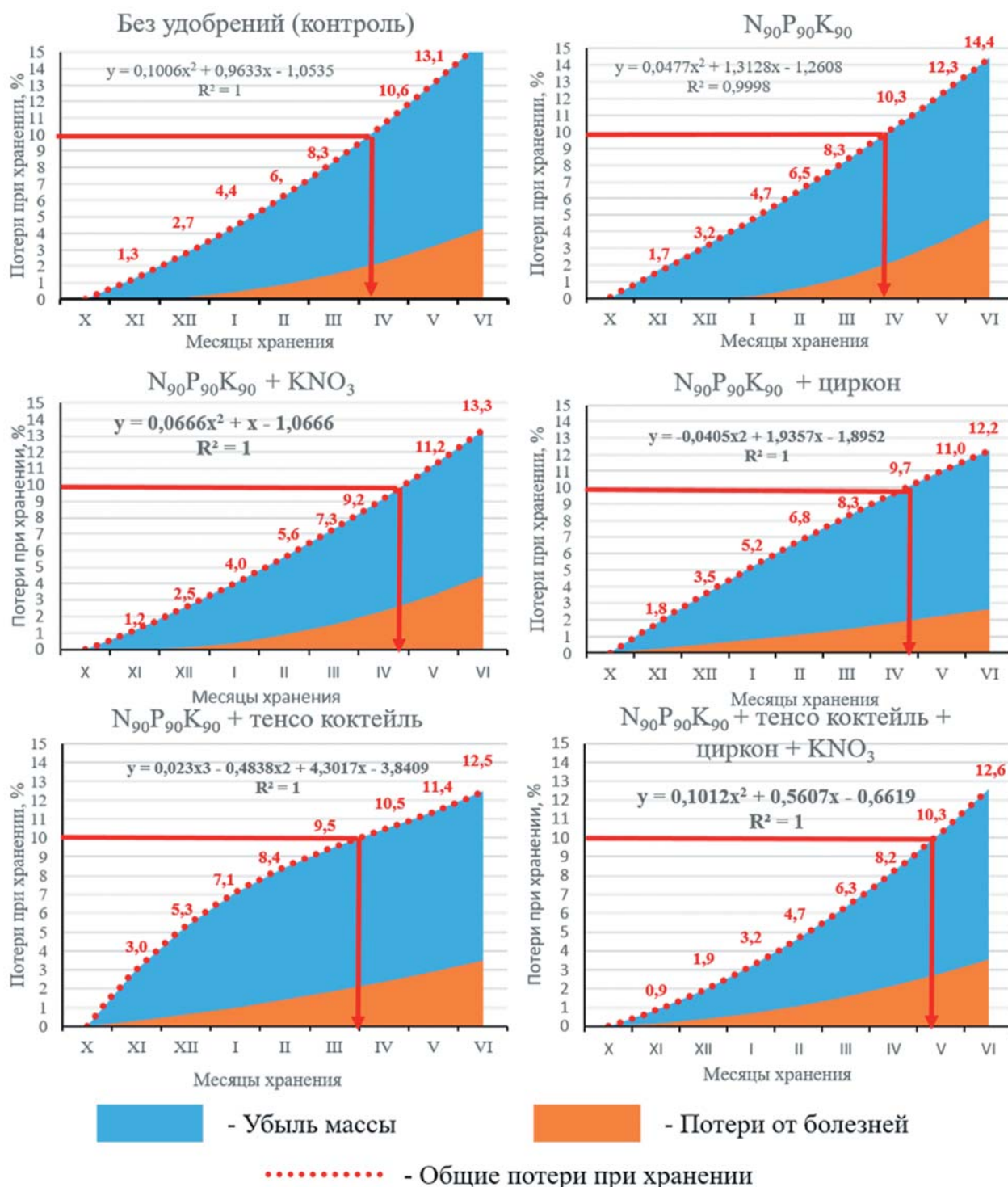


Рис. 4. Криволинейная регрессия общих потерь лука Беннито F_1 по срокам хранения
 Fig. 4. Curvilinear regression of total losses of the Bennito F_1 onion by shelf life

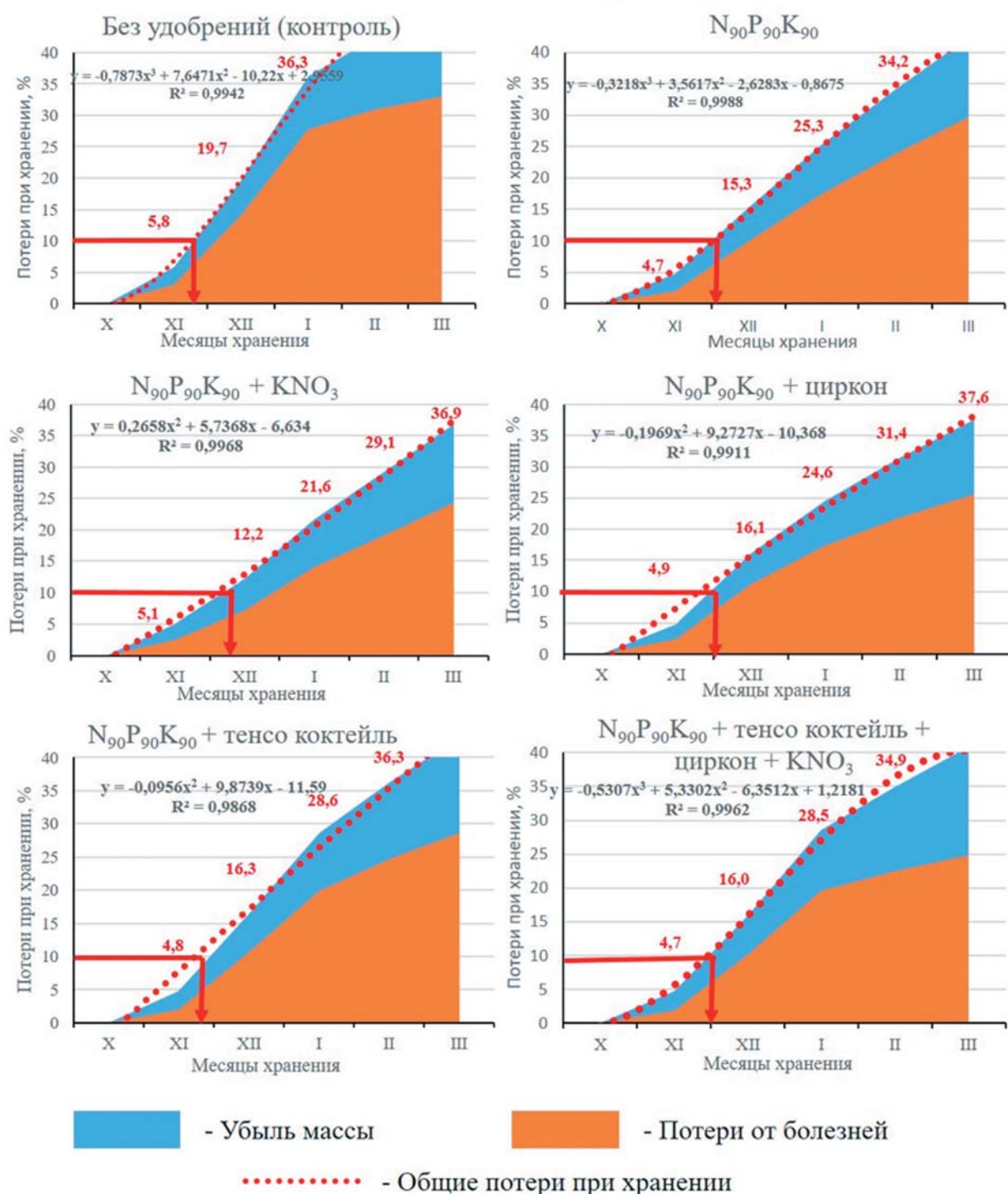


Рис. 5. Криволинейная регрессия общих потерь лука Поиск 012 F₁ по срокам хранения
Fig. 5. Curvilinear regression of total losses of the Poisk 012 F₁ onion by shelf life

Беннито F₁ положительный эффект от применения Тенсо Коктейля составил всего 0,8% к выходу товарной продукции, а для Поиск 012 F₁ – за счёт увеличения убыли массы и вовсе был отрицательным.

Комплексная обработка растений лука KNO₃ + Циркон + Тенсо Коктейль на фоне основного внесения N₉₀P₉₀K₉₀ показала наилучший результат при хранении луковиц Беннито F₁, повышая выход товарной продукции на 1,8% преимущественно за счёт уменьшения естественной убыли массы при хранении. Для Первенца F₁ также получен положительный результат,

однако он меньше, чем при раздельных обработках теми же препаратами.

В целом, применение на посевах лука калийной селитры, Циркона и Тенсо Коктейля на фоне основного внесения N₉₀P₉₀K₉₀ положительно действовало на выход товарной продукции после зимне-весеннего хранения изучаемых гибридов лука, значительно сокращая потери продукции от болезней (на 0,6-4,2%) а также естественную убыль массы для Беннито F₁ и Первенца F₁. Худшей сохранностью луковиц, вне зависимости от фонов питания и сроков хранения, обладал

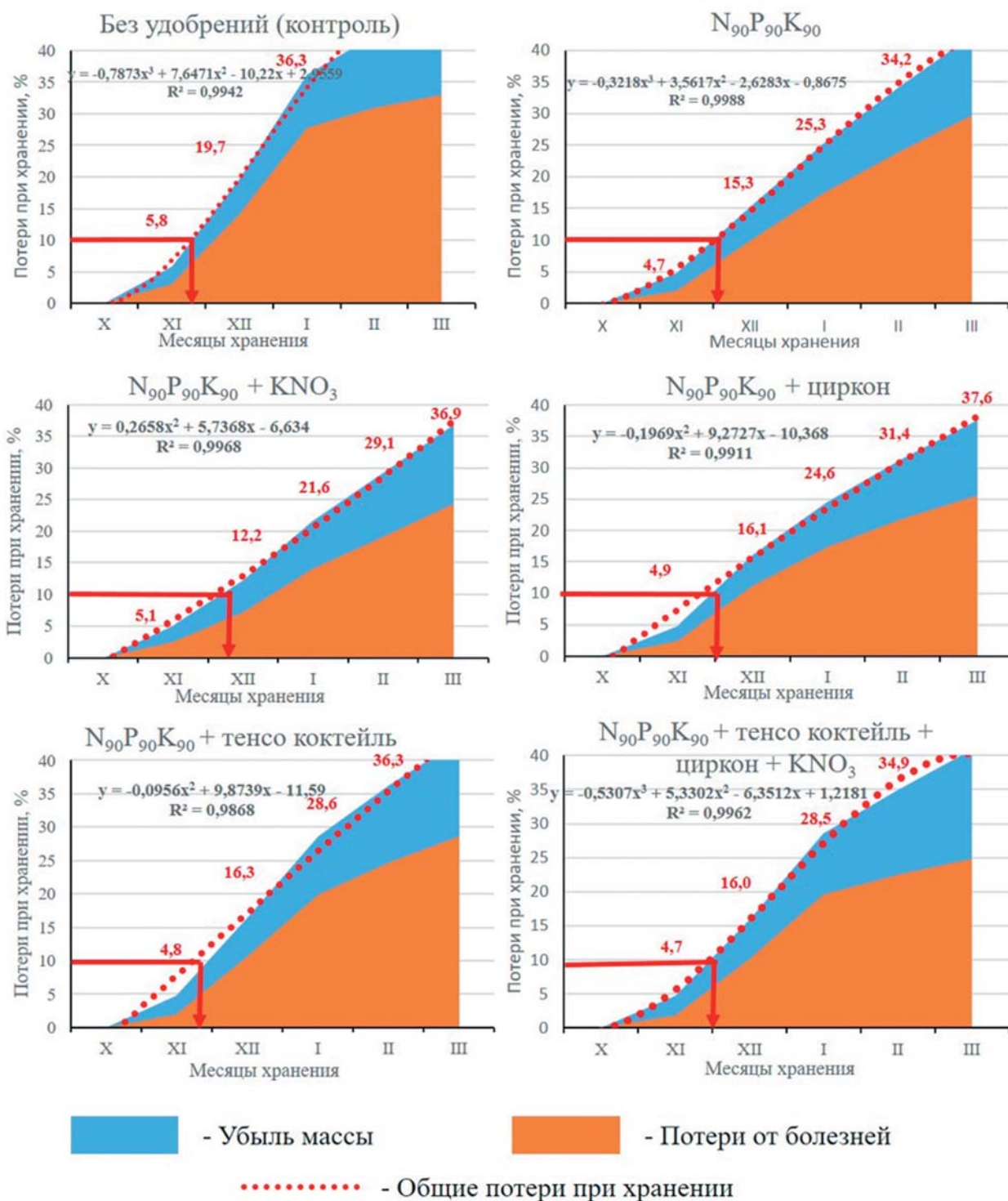


Рис. 6. Криволинейная регрессия общих потерь лука Первенец F_1 по срокам хранения
Fig. 6. Curvilinear regression of total losses of the Pervenets F_1 onion by shelf life

позднеспелый гибрид Поиск 012 F_1 . Видимо он не предназначен для длительного хранения.

Различный уровень сохранности гибридов лука репчатого следует учитывать при определении рациональных сроков реализации продукции. Как отмечалось выше, выход товарной продукции гибридов Беннито F_1 и Первенец F_1 находился на одном уровне и был обусловлен, прежде всего, величиной убыли массы, которая к концу хранения (май) составила 7,5-9,9% и

7,2-9,3% соответственно, в зависимости от условий выращивания. Для позднеспелого гибрида Поиск 012 F_1 лимитирующим фактором являлись, прежде всего, потери от болезней, которые к концу хранения (май) достигали 29,9-38,6%, а также убыль массы (16,9-23,7%).

При зимне-весеннем хранении лука репчатого в полимерных ящиках определяющим условием установления срока реализации, как для большинства

Таблица 5. Сроки лёжкости и реализации гибридов лука репчатого в зависимости от условий питания растений при выращивании
 Table 5. Periods of keeping quality and realization of onion hybrids depending on the conditions of plant nutrition during cultivation

Вариант	Уравнение регрессии общих потерь по срокам хранения	Срок лёжкости, месяцев (не менее)	Срок реализации (декада/месяц)
Беннито F₁			
Без удобрений (к.)	$y = 0,1006x^2 + 0,9633x + 1,0535$	5	I/4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	$y = 0,0477x^2 + 1,3128x - 1,2608$	5	II/4
НРК + KNO ₃	$y = 0,0666x^2 + x - 1,0666$	5	III/4
НРК + Циркон	$y = -0,0405x^2 + 1,9357x - 1,8952$	5	III/4
НРК + Тенсо Коктейль	$y = 0,023x^3 - 0,4838x^2 + 4,3017x - 3,8409$	5	I/4
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	$y = 0,1012x^2 + 0,5607x - 0,6619$	6	II/5
Поиск 012 F₁			
Без удобрений (к.)	$y = -0,7873x^3 + 7,6471x^2 - 10,22x + 2,9559$	2	I/11
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	$y = -0,3218x^3 + 3,5617x^2 - 2,6283x - 0,8675$	2	III/11
НРК + KNO ₃	$y = 0,2658x^2 + 5,7368x - 6,634$	2	III/11
НРК + Циркон	$y = -0,1969x^2 + 9,2727x - 10,368$	2	II/11
НРК + Тенсо Коктейль	$y = -0,0956x^2 + 9,8739x - 11,59$	2	II/11
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	$y = -0,5307x^3 + 5,3302x^2 - 1,2181$	2	I/11
Первенец F₁			
Без удобрений (к.)	$y = -0,0726x^2 + 2,1965x - 2,1239$	6	III/4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	$y = 0,0111x^3 - 0,179x^2 + 2,5282x - 2,3603$	6	I/4
НРК + KNO ₃	$y = -0,0262x^2 + 1,4643x - 1,4381$	6	III/4
НРК + Циркон	$y = 0,1119x^2 + 0,6866x - 0,7615$	6	II/4
НРК + Тенсо Коктейль	$y = 0,0139x^3 - 0,2267x^2 + 2,3084x - 2,0958$	7	I/6
НРК + KNO ₃ + Циркон + Тенсо Коктейль	$y = 0,0132x^3 - 0,3194x^2 + 3,5529x - 3,2467$	5	III/3

корнеплодных культур, нами принято достижение срока лёжкости при 10-процентных общих потерях за счёт убыли массы и потерь от болезней.

На рис. 4-6 представлены криволинейные регрессии общих потерь изучаемых гибридов лука репчатого по срокам хранения. В представленных графиках наглядно установлены сроки реализации продукции лука репчатого в зависимости от генетических особенностей гибрида и условий выращивания.

По уравнениям регрессии представляется возможным рассчитать величины общих потерь на определённый срок хранения (см. табл. 5).

Таким образом, минимальные сроки лёжкости изучаемых гибридов лука репчатого составили: Первенец F₁ – 5-7 месяцев, Беннито F₁ – 5-6 месяцев, Поиск 012 F₁ – 2 месяца. Применение минеральных удобрений и обработки растений лука в период вегетации калийной селитрой, Цирконом и Тенсо Коктейлем в основном увеличивали срок лёжкости луковиц.

Выводы:

1. Выявлено положительное влияние на сохраняемость лука репчатого обработок вегетирующих растений растворами калийной селитры (10 кг/га), Циркона (0,25 л/га) и Тенсо Коктейля (0,7 кг/га) на фоне N₉₀P₉₀K₉₀.

2. Максимальный выход товарной продукции после 7 месяцев хранения при -1...0°C и 80-90% влажности воздуха у Беннито F₁ был в варианте N₉₀P₉₀K₉₀ + KNO₃ + Циркон + Тенсо-Коктейль – 89,6%, потери от болезней – 2,8%; у Поиск 012 F₁ – в варианте с применением Циркона на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ – 52,1%, потери от болезней – 31,2%; у Первенец F₁ – в варианте N₉₀P₉₀K₉₀ + KNO₃ – 91,4%, потери от болезней – 1,4%.

3. Наилучшей сохранностью при трёх- и семимесячном хранении отличался Первенец F₁.

4. В целом применение микроудобрений и регулятора роста, оказывало положительное действие на сохраняемость лука репчатого.

Об авторах:

Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий н.с., elena_0881@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>

Артём Робертович Бебрис – кандидат с.-х. наук, младший н.с., bebris92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2235-8081>

About the authors:

Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, elena_0881@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>

Artem R. Bebris – Cand. Sci. (Agriculture), Junior Researcher, bebris92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2235-8081>

• **Литература**

1. Разин А.Ф., Шатилов М.В., Мещерякова Р.А., Сурихина Т.Н., Разин О.А., Телегина Г.А. Овощи борщевой группы в России. *Картофель и овощи*. 2019;(10):10–13.
2. Материалы круглого стола Минсельхоза РФ на тему «Законодательные аспекты развития и меры государственной поддержки садоводства и овощеводства», 24 октября 2018 г. [Электронный ресурс] URL: https://agrotip.ru/wp-content/uploads/2018/11/Presentatsia_Petra_Chekmareva.pdf. Дата обращения: 09.02.2021.
3. Российский рынок репчатого лука - тенденции и прогнозы [Электронный ресурс] <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-repchatogo-luka---tendencii-i-prognozy>. Дата обращения: 25.06.2021.
4. Борисов В.А., Бебрис А.Р., Янченко Е.В. Влияние удобрений и регуляторов роста на болезнеустойчивость лука репчатого при хранении. *Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной VII Квасниковским чтениям, Московская обл., Раменский район, д.Верея, 01 декабря 2016 года. Московская обл., Раменский район, д.Верея: ГУП РО "Рязанская областная типография", 2016. С.45-48.*
5. Селиванова М.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество продукции лука репчатого в процессе хранения. *Научные труды СКФНЦСВВ*. 2019;(26):77-84.
6. Тохтиева Л.Х., Тохтиева Э.А. Влияние послеуборочной поверхностной обработки на сохранность репчатого лука. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2020;4(18):18-22. DOI 10.24888/2541-7835-2020-18-18-22.
7. Хубаева Е.Р., Тохтиева Л.Х. Сохраняемость лука репчатого при разных способах хранения. *Студенческая наука – агропромышленному комплексу: науч. тр. студентов Горского государственного аграрного университета*. Владикавказ. 2018. С.404-405.
8. Алексеева К.Л., Борисов В.А., Бебрис А.Р. Циркон повышает устойчивость к перonosporozу и урожайность лука. *Защита и карантин растений*. 2018;(9):20-22.
9. Амиров Б.М., Амирова Ж.С., Манабаева У.А., Жасыбаева К.Р. Селекция репчатого лука на сохраняемость. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. *Аграрная наука - сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Международной научно-технической конференции. В 2 томах, Минск, 19–21 октября 2016 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2016. С.209-212.*
10. Водянова О.С. Фитопатологический анализ динамики состава грибных патогенов при хранении сортов и селекционных образцов репчатого лука. *Приоритетные направления в селекции и семеноводстве с.-х. растений в XXI веке: Междунар. науч.- практ. конф., Москва, 15-18 дек. 2003 г. М., 2003. С.256-259.*
11. Amirov B.M., Amirova Z.S., Manabaeva U.A., Zhasybaeva K.R. Evaluation of onion accessions in storage. *Аграрная наука - сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XVIII Междунар. науч.-практ. конф., г. Новосибирск, 16-17 сентября 2015 г. Новосибирск, 2015. Ч. I. С.3-5.*
12. Schroeder B.K., Waters T.D., du Toit L. J. Evaluation of Onion Cultivars for Resistance to *Enterobacter cloacae* in Storage. *Plant Disease*. 2010;94(2):236-243.
13. Amirov B.M., Amirova Z.S., Manabaeva U.A., Zhasybaeva K.R. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(4):23-27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-4-23-27>
14. Авазов, С. Э. Основные болезни (гнили) при хранении лука и интенсивность их развития. *Наука и общество в современных условиях*. 2016;1(4):52-56.
15. Sitarama Raju K., Bener Ra R. Soft rot of onion in storage. *Madras Agr. J.* 1980;67(3):194-195.
16. Maude R.B. The correlation between seedborne infection by *Botrytis allii* and neck rot development in store. *Seed Sci. and Technol.* 1983;11(3):839-834.

• **References**

1. Razin A.F., Shatilov M.V., Meshcheryakova R.A., Surikhina T.N., Razin O.A., Telegina G.A. Vegetables of the borscht group in Russia. *Potatoes and vegetables*. 2019;(10):10-13. (In Russ.)
2. Materials of the round table of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic "Legislative aspects of development and measures of state support for horticulture and vegetable growing", January 24, 2018 [Electronic resource] URL: https://agrotip.ru/wp-content/uploads/2018/11/Presentatsia_Petra_Chekmareva.pdf. Date of application: 09.02.2021. (In Russ.)
3. The Russian onion market-trends and forecasts [Electronic resource] <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-repchatogo-luka---tendencii-i-prognozy>. Date of application: 25.06.2021. (In Russ.)
4. Borisov V.A., Bebris A.R., Yanchenko E.V. The influence of fertilizers and growth regulators on the disease resistance of onions during storage. *Selection, seed production and varietal agrotechnics of vegetable, melon and flower crops: A collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the VII Kvasnikov Readings, Moscow region, Ramensky district, Vereya village, December 01, 2016. Moscow region, Ramensky district, Vereya village: GUP RO "Ryazan Regional Printing House", 2016. pp. 45-48. (In Russ.)*
5. Selivanova M.V. The influence of mineral fertilizers on the productivity and quality of onion products during storage. *Scientific works of SKFNTSSVV*, 2019, volume 26, pp. 77-84. (In Russ.)
6. Tokhtieva L.H., Tokhtieva E.A. The influence of post-harvest surface treatment on the safety of onions. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2020;4(18):18-22. DOI 10.24888/2541-7835-2020-18-18-22. (In Russ.)
7. Khubaeva E.R., Tokhtieva L.H. Preservation of onions under different storage methods. *Student science – to the agro-industrial complex: scientific tr. of students of the Gorsky State Agrarian University*. Vladikavkaz. 2018. pp. 404-405. (In Russ.)
8. Alekseeva K.L., Borisov V.A., Bebris A.R. Zircon increases resistance to peronosporosis and onion yield. *Protection and quarantine of plants*. 2018;(9):20-22. (In Russ.)
9. Amirov B.M., Amirova Zh.S., Manabayeva U.A., Zhasybayeva K.R. Selection of onions for preservation. *Scientific and technical progress in agricultural production. Agrarian science - agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria: materials of the International Scientific and Technical Conference. In 2 volumes, Minsk, October 19-21, 2016. Minsk: Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Agricultural Mechanization", 2016. pp. 209-212. (In Russ.)*
10. Vodionova O.S. Phytopathological analysis of the dynamics of the composition of fungal pathogens during the storage of varieties and breeding samples of onions. *Priority directions in the selection and seed production of agricultural plants in the XXI century: International scientific. - practical conference, Moscow, 15-18 Dec. 2003-Moscow, 2003. pp. 256-259. (In Russ.)*
11. Amirov B.M., Amirova Z.S., Manabaeva U.A., Zhasybaeva K.R. Evaluation of onion accessions in storage. *Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria: collection of articles. scientific. report XVIII Int. scientific-practical Conf., Novosibirsk, September 16-17, 2015. Novosibirsk, 2015. Part I. P.3-5.*
12. Schroeder B.K., Waters T.D., du Toit L. J. Evaluation of Onion Cultivars for Resistance to *Enterobacter cloacae* in Storage. *Plant Disease*. 2010;94(2):236-243.
13. Amirov B.M., Amirova Z.S., Manabaeva U.A., Zhasybaeva K.R. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(4):23-27. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-4-23-27>
14. Avazov S.E. The main diseases (rot) during onion storage and the intensity of their development. *Science and society in modern conditions*. 2016;1(4):52-56. (In Russ.)
15. Sitarama Raju K., Bener Ra R. Soft rot of onion in storage. *Madras Agr. J.* 1980;67(3):194-195.
16. Maude R.B. The correlation between seedborne infection by *Botrytis allii* and neck rot development in store. *Seed Sci. and Technol.* 1983;11(3):839-834.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-94-98>
УДК 635.615:631.5

Т.Г. Колебошина,
Е.А. Варивода, П.П. Суслов

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Колебошина Т.Г., Варивода Е.А., Суслов П.П. Новые приемы технологии выращивания арбуза столового как залог развития отрасли бахчеводства. *Овощи России*. 2021;(4):94-98.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-94-98>

Поступила в редакцию: 05.03.2021
Принята к печати: 24.06.2021
Опубликована: 25.08.2021

Tatyana G. Koleboshina,
Elena A. Varivoda, Pavel P. Suslov

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

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

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

For citations: Koleboshina T.G., Varivoda E.A., Suslov P.P. New technologies of cultivation of watermelon as a key to development of the melon industry. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):94-98. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-94-98>

Received: 05.03.2021
Accepted for publication: 24.06.2021
Accepted: 25.08.2021

Новые приемы технологии выращивания арбуза столового как залог развития отрасли бахчеводства



Резюме

Актуальность. Появление на рынке водорастворимых удобрений, регуляторов роста, биопрепаратов требует детального изучения данных препаратов для определения их эффективности в повышении урожайности и оптимизации затрат при выращивании арбуза столового. Кроме того, с учетом появления новых сортов, отзывчивых на интенсивные приемы возделывания, необходимы такие приемы выращивания данной культуры, которые позволят в полной мере использовать биологический потенциал этих сортов с обеспечением экологической безопасности продукции.

Материалы и методы. Объект исследований – сорта арбуза столового отечественной селекции раннего и среднего срока созревания. Исследования проводили в 2018-2020 годах на базе Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО (Быковский район, Волгоградская обл.). Изучали способы применения препарата Гумат калия (жидкий): обработка растений и замачивание семян перед посевом. Цель исследования: определить эффективность способов применения Гумата калия (жидкий) в повышении урожайности, выявить их влияние на качество плодов арбуза столового разных сроков созревания.

Результаты. Полученные экспериментальные данные показали достаточно высокую эффективность использования гуминового удобрения в выращивании арбуза столового как у раннеспелых, так и позднеспелых сортов. Максимальная урожайность у позднеспелого сорта арбуза Икар была получена при использовании препарата Гумат калия для обработки растений – 17,1 т/га, что на 25,7% больше по сравнению с контролем. Этот же способ применения гуминового препарата был отмечен, как наиболее перспективный и у раннеспелого сорта арбуза Триумф, где урожайность превысила на 21,8% контроль и на 18,0% способ использования – замачивание семян перед посевом. Применение препарата Гумат калия в технологии выращивания арбуза столового позволяет получить плоды хорошего качества с содержанием нитратов значительно ниже предельно допустимых концентраций для данной культуры (ПДК – 60 мг/кг).

Ключевые слова: гумат калия, замачивание семян, обработка растений, способы применения, качество, урожайность, рост и развитие растений, вегетационный период

New technologies of cultivation of watermelon as a key to development of the melon industry

Abstract

Relevance. The appearance on the market of water-soluble fertilizers, growth regulators, biological products requires a detailed study of these drugs to determine their effectiveness in increasing yields and optimizing costs. Therefore, the issue of developing environmentally friendly elements of the technology for growing varieties of table watermelon of different ripening periods with the use of new types and forms of water-soluble fertilizers becomes urgent.

Materials and methods. The object of research is varieties of watermelon of domestic selection of early and medium ripening. The studies were carried out in 2018-2020 on the basis of the Bikovskaya cucurbits breeding experimental station (Bykovskiy district, Volgograd region). The methods of using the preparation Potassium Humate (liquid) were studied: Treatment of plants twice, Soaking the seeds before sowing. The passage of the main periods of plant growth and development, biometric parameters of plants, biochemical composition of fruits and productivity of table watermelon were determined. The purpose of the research: to determine the effectiveness of methods of using potassium humate (liquid) in increasing yields, to reveal their influence on the quality of table watermelon fruits of different ripening periods.

Results. The experimental data obtained showed a fairly high efficiency of the use of humic fertilizer in the cultivation of table watermelon both in early-maturing varieties and in varieties of late ripening. The maximum yield of the late-ripening watermelon variety Ikar was obtained when using the preparation Potassium Humate for treating plants – 17.1 t/ha, which is 25.7% more than control. The same method of using the humic preparation was noted as the most promising in the early ripening variety of watermelon Triumph, where the yield exceeded the control values by 21.8% and the method of use was by 18.0% – soaking the seeds before sowing. Studies have determined that the use of the preparation Potassium Humate in the technology of growing table watermelon allows to obtain fruits of good quality with a content of nitrates significantly lower than the maximum permissible concentrations for this culture (MPC – 60 mg/kg).

Keywords: potassium humate, seed soaking, treatment of plants, methods of application, quality, yield, growth and development of plants, vegetation period

Введение

Природные ресурсы зоны исследований, климат и почва, являются основными компонентами возделывания определенной культуры. Генетическое единство бахчевых культур, их биологическая общность в отношении к внешним факторам среды обусловило их распространение в определенной географической зоне. Волгоградская область занимает одно из ведущих мест в выращивании бахчевой продукции. В структуре посевных площадей бахчевых культур посева в Волгоградской области составляют более 25% от общей площади посевных площадей Российской Федерации [1]. В получении стабильных урожаев с высоким качеством плодов немаловажное значение имеют условия выращивания бахчевых культур. Бахчевые, и в частности арбуз столовый, не только дарит людям радость и наслаждение, но и оказывает положительное действие на функционирование организма человека [2,3]. В силу своих биологических особенностей бахчевые культуры обладают высокой отзывчивостью на интенсивные приемы возделывания. Современные темпы развития интенсификации производства товарной бахчевой продукции приводят к нарушению баланса между количественными и качественными показателями. С учетом высокой полезности для организма данной продукции на первое место выходит проблема сбалансированности величины урожайности и качества получаемой продукции [4]. Появление на товарном рынке сортов и гибридов арбуза столового с высоким потенциалом продуктивности, интенсивного типа, требуют новых приемов возделывания товарной продукции [5]. Ранее проведенными исследованиями элементов технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья определены оптимальные предшественники, разработанная система минеральных сыпучих удобрений, сроки посева, и ряд других элементов позволяющие получать высокие урожаи плодов [6,7,8]. Но снижение уровня интенсификации производства товарной продукции арбуза столового из-за постоянного роста на энергоносители приводит к получению урожая ниже биологических возможностей сорта. Поэтому появилась востребованность в агротехнических приемах, которые позволят до минимума минимизировать затраты без ущерба для величины урожайности и качества плодов с обеспечением повышения экономической эффективности отрасли бахчеводства в агропромышленном комплексе Российской Федерации. Основой решения постав-

ленных вопросов являются научные исследования, направленные на усовершенствование и разработку экологически безопасных элементов агротехники выращивания бахчевых культур с применением новых видов и форм удобрений, регуляторов роста, сортов арбуза столового с высокими адаптационными признаками.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в условиях Волгоградского Заволжья на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в Быковском районе Волгоградской области. Период исследований 2018-2020 годы. Объекты исследований – сорта арбуза столового Триумф (раннеспелый) и Икар (позднеспелый) отечественной селекции. Научные исследования проводили с использованием методических указаний, методик и Государственных и отраслевых стандартов [9-11].

Результаты и их обсуждение

Арбуз столовый экологически приспособлен к континентальному климату с высокими положительными температурами в период вегетации. Среднесуточная температура воздуха в период исследований, в сравнении со среднемноголетними значениями, разнилась незначительно, отклонения составили +0,5 до +0,7°C (табл. 1). Исключение составил период основного завязывания плодов (июль), где отмечалось ослабление температурного режима на -1,4%. Данное снижение температурного режима не привело к необратимым последствиям, так как наиболее благоприятные условия для оплодотворения, когда температура воздуха в период цветения составляет +20...+25°C. Сумма положительных температур соответствовала требованиям культуры арбуза столового и составила 3368,3°C, что незначительно меньше среднемноголетних значений. При выращивании богарного арбуза столового в Волгоградском Заволжье важное значение, для формирования полновесного урожая плодов, имеют дождевые осадки. За период вегетации количество осадков было практически на одном уровне и составило 257,8 мм при среднемноголетних показателях 255,5 мм. Анализ количества осадков по месяцам показал неравномерность их выпадения. Наблюдались значительные отклонения от среднемноголетних значений в периоды формирования и массового созревания плодов, + 91,4 мм и – 30,5 мм соответственно.

Таблица 1. Климатические условия года (среднее по годам исследований)
Table 1. Climatic conditions of the year (average over the years of research)

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Количество осадков, мм	51,6	15,5	132,5	36,8	21,3
Среднемноголетнее, мм	69,0	27,7	41,1	25,2	51,8
Среднесуточная температура воздуха, °C	18,4	23,5	26,3	23,6	18,2
Среднее многолетнее, °C	18,9	23,5	25,6	25,0	17,5
Сумма положительных температур, °C	570,4	705,0	815,3	731,6	546,0
Сумма положительных температур, среднемноголетнее, °C	589,9	705,0	793,6	775,0	529,0

Совершенствование технологий возделывания арбуза столового на основе активизации биологических процессов с использованием препарата на основе гуминовых кислот – Гумата калия, обладающего комплексом активных компонентов, как показали исследования, является достаточно эффективным приемом выращивания арбуза столового как раннего срока созревания, так и позднеспелых сортов. Нами были проведены исследования по определению влияния препарата на сроки получения дружных всходов и массового созревания плодов. Было выявлено, что подготовка семян к посеву путем их обработки активными веществами способствует повышению проницаемости внешних покровов, улучшает водопоглотительные свойства семян и, как следствие, сокращает продолжительность периода «посев-всходы» у позднеспелого сорта Икар с семенами среднего размера на 3 суток по сравнению с контролем (замачивание семян в воде) и на 6 суток – по сравнению с вариантом без использования данного приема. При замачивании семян в водной суспензии Гумата калия, у мелкосемянного раннеспелого сорта арбуза столового Триумф период «посев-всходы» на 2 суток меньше, по сравнению с использованием для замачивания семян воды, на 4 суток меньше, по сравнению с вариантом без использования обработок и на 3 суток больше, по сравнению с аналогичным периодом у позднеспелого сорта Икар. Исследованиями выявлено увеличение длительности периода плодоношения при использовании препарата Гумат калия как для обработки растений, так и для замачивания семян. У позднеспелого сорта Икар он составил 90 суток в варианте с замачиванием семян перед посевом и 95 суток – при обработке вегетирующих растений, в контрольных вариантах – 86 и 89 суток, соответственно. Аналогичная тенденция была отмечена и у раннеспелого сорта Триумф (табл. 2), где период плодоношения на 4 суток (замачивание семян) и 6 суток (обработка растений) больше контрольных значений.

Воздействуя на растения, гуматы способствуют их более активному росту и развитию. Мощное развитие ассимиляционного аппарата, способность растений арбуза давать дополнительные корни в узлах главного



и боковых побегов позволяет растениям усваивать даже незначительные осадки (роса), что и было отмечено результатами исследований. У обоих сортов самое высокое нарастание плетей было получено в варианте с применением Гумата калия для обработки растений (табл.3). В период плетеобразования общая длина плетей у сорта Икар на 74,9% была больше, по сравнению с контролем (обработка растений водой) и на 33,0% больше, по сравнению с применением Гумата калия для замачивания семян. У сорта арбуза Триумф максимальная длина плетей была достигнута при foliarной обработке растений – 2848 см, что на 70,1-77,4% была больше, чем в контроле и на 38,4% больше, чем при применении Гумата калия для замачивания семян перед посевом.

Гумат калия, действуя на растения, активизирует поглощение питательных веществ, способствует повышению энергетического потенциала клеток, что оказывает положительное действие на величину урожайности и повышение выхода товарной продукции арбуза столового сортов разных сроков созревания (табл. 4). У позднеспелого арбуза Икар применение препарата Гумат калия путем замачивания семян перед посевом

Таблица 2. Влияние гуминового препарата на длину периода плодоношения (среднее по годам исследований)
Table 2. Influence of a humic preparation on the length of the fruiting period (average over the years of research)

Период вегетации растений, сутки	Дистиллированная вода		Гумат калия	
	замачивание семян перед посевом	обработка растений	замачивание семян перед посевом	обработка растений
Сорт арбуза среднеспелого срока созревания Икар				
Посев-всходы	10	13	7	13
Всходы-плодообразование	46	48	43	48
Плодообразование-созревание	39	41	47	55
Всходы-созревание	86	89	90	95
Сорт арбуза раннего срока созревания Триумф				
Посев-всходы	12	14	10	14
Всходы-плодообразование	50	55	44	43
Плодообразование-созревание	31	28	38	39
Всходы-созревание	81	82	81	83

Таблица 3. Зависимость роста плетей от способа применения гумата калия (среднее по годам исследований)
Table 2. Dependence of the growth of lashes on the method of application of potassium humate (average over the years of research)

Варианты опыта	Общая длина плетей, см/растение			
	сорт арбуза Икар		сорт арбуза Триумф	
	плетеобразование	созревание	плетеобразование	созревание
Замачивание семян в воде	417	2123	343	1605
Обработка растений водой	454	2856	309	1674
Гумат калия (замачивание семян)	597	3475	401	2058
Гумат калия (обработка растений)	794	5505	526	2848

привело к увеличению урожайности на 44,7% по сравнению с обработкой семян водой. Максимальная урожайность была получена при фоллиарной обработке растений – 17,1 т/га, что на 25,7% больше по сравнению с контролем – обработка растений водой. Продуктивность посевов в большей степени определяется выходом товарной продукции, который в вариантах с применением гумата калия составил 92,7% (замачивание семян) и 95,3% (обработка растений) при значениях в контрольных вариантах 76,2% и 83% соответственно. Как показали результаты исследований, раннеспелые сорта менее отзывчивы на использование в технологии их выращивания гуминовых препаратов. Превышение урожайности с использованием приема обработка семян перед посевом препаратом Гумат калия составило всего 5,9% по сравнению с контролем. Достаточно высокий эффект был достигнут от применения гумата калия для обработки растений, где урожайность на 21,8% больше по сравнению с контролем обработка растений водой с увеличением общего выхода товарной продукции на 5,9%.

Одним из основных показателей качества плодов арбуза столового является содержание сухого вещества. Экспериментальные данные показали, что использование гуминового удобрения оказывает достаточно сильное влияние на повышение данного показателя у позднеспелых сортов арбуза столового.

Содержание сухого вещества после применения гумата калия на сорте Икар было на 0,8 и 0,9% больше по сравнению с контрольными вариантами – применение воды (таблица 5). Максимальные значения сухого вещества в плодах арбуза позднеспелого срока созревания Икар были получены в варианте Гумат калия (обработка растений) – 11,7%. Биохимический анализ показал увеличение в плодах арбуза столового общего сахара, показателя их сахаристости, на 0,22% при применении препарата Гумат калия для обработки растений на 1,45% по сравнению с обработкой растений водой. Но, основную сладость плодам арбуза столового дают моносахара, особенно фруктоза. У позднеспелого сорта Икар максимальное содержание моносахаров, в том числе фруктозы, было получено от использования препарата Гумат калия для обработки растений – 5,01% и 4,38% соответственно, что на 0,51-0,66% и 0,72-1,14% больше значений в контрольных вариантах и при применении гумата калия для замачивания семян перед посевом. Количество нитратов, показатель экологической чистоты продукта, было на достаточно низком уровне и не превышало предельно допустимой концентрации установленной для данной культуры (ПДК – 60 мг/кг). В различных вариантах опыта, от использования гумата калия, было отмечено их снижение по сравнению с контрольными вариантами на 1,7 и 2,3 мг/кг.

Таблица 4. Влияние способов применения Гумата калия на урожайность (среднее по годам исследований)
Table 4. Influence of methods of application of potassium humate on yield (average over the years of research)

Варианты опыта	Сорт арбуза Икар		Сорт арбуза Триумф	
	Товарная продукция, т/га	Выход товарной продукции, %	Товарная продукция, т/га	Выход товарной продукции, %
Замачивание семян в воде	8,8	76,2	12,1	86,5
Обработка растений водой,	9,4	83,0	12,4	86,5
Гумат калия (замачивание семян)	13,6	92,7	12,8	89,0
Гумат калия (обработка растений)	17,1	95,3	15,1	92,4
НСР ₀₅	0,68		0,85	

Таблица 5. Влияние способов применения гумата калия на биохимический состав плодов, сорт Икар
Table 5. Influence of methods of application of potassium humate on the biochemical composition of fruits, variety Ikar

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Моносахара, %	Фруктоза, %	Глюкоза, %	Сахароза, %	Нитраты, мг/кг
Замачивание семян в воде	10,3	9,80	4,50	3,66	0,84	5,30	44,4
Обработка растений водой	10,9	9,91	4,50	3,62	0,88	5,41	44,7
Гумат калия (замачивание семян)	11,2	10,02	4,35	3,24	1,11	5,67	42,7
Гумат калия (обработка растений)	11,7	11,36	5,01	4,38	0,63	6,35	42,4

Таблица 6. Влияние способов применения гумата калия на биохимический состав плодов, сорт Триумф
Table 6. Influence of methods of application of potassium humate on the biochemical composition of fruits, Triumph variety

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Моносахара, %	Фруктоза, %	Глюкоза, %	Сахароза, %	Нитраты, мг/кг
Замачивание семян в воде	10,2	8,71	4,13	3,25	0,88	4,58	34,4
Обработка растений водой	10,3	9,01	4,33	3,22	1,11	4,68	30,9
Гумат калия (замачивание семян)	9,9	8,83	4,83	3,51	1,32	4,00	33,9
Гумат калия (обработка растений)	10,3	9,33	4,78	3,17	1,61	4,55	35,1

Несколько иные результаты биохимического анализа были получены при определении влияния препарата Гумат калия на биохимический состав арбуза столового раннего срока созревания Триумф (таблица 6). Большого изменения содержания сухого вещества в плодах не отмечалось. Исключение составил вариант с применением Гумата калия для обработки растений, где содержание сухого вещества составило 9,9% при 10,2-10,3% в других изучаемых вариантах. Но было отмечено самое высокое содержание общего сахара – 9,33%. Следует отметить, что при использовании гуминовых удобрений на посевах арбуза столового ранних сроков созревания были получены более сладкие плоды по сравнению с контрольными вариантами, с превышением моносахаров на 0,45 и 0,70%. Максимальное содержание фруктозы было получено при применении гуминового удобрения для замачивания семян – 3,51%, минимальные показатели – в вари-

анте Гумат калия (обработка растений) – 3,17%. Количество нитратов в плодах арбуза столового раннеспелого сорта Триумф было достаточно низким и составило 30,9-35,1 мг/кг, что значительно ниже ПДК (60 мг/кг).

Закключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о высоком положительном действии препарата Гумат калия при применении в технологии выращивания арбуза столового. Отмечено стабильное увеличение урожайности с хорошим качеством плодов, как у сорта раннего срока созревания, так и у позднеспелого сорта. Сравнительная оценка способов применения Гумата калия показала преимущество foliarной обработки растений, где прибавка в урожай плодов арбуза столового составила 2,3 т/га у раннеспелого сорта Триумф и 3,5 т/га – у позднеспелого сорта Икар.

Об авторах:

Татьяна Геннадьевна Колебошина – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1700-3446>
Елена Александровна Варивода – старший научный сотрудник отдела селекции, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>
Павел Петрович Сулов – младший научный сотрудник, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0773-4691>

About the authors:

Tatyana G. Kobileshina – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1700-3446>
Elena A. Varivoda – Senior Researcher, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>
Pavel P. Suslov – junior Researcher, BBSOS34@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0773-4691>

Литература

- Kobileshina T.G., Varivoda E.A. Melon Growing Industry Analysis in Modern Economic Conditions. 2020. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 459, Chapter 5. 06207 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/6/062075>
- Луцик А.А. Оценка потребности в овощах в соответствии с рациональными нормами их потребления. Овощи России. 2019;(2):16-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-16-21>
- Галичкина Е.А., Варивода Е.А., Варивода О.П. Арбуз, чудо-ягода здоровья. Сборник трудов международной научной конференции «Перспективы лекарственного растениеводства». М., 2018. С.244-250.
- Галичкина Е.А., Варивода Е.А., Кобкова Н.В. Биохимические показатели сортов арбуза различных групп спелости и их динамика в результате селекционных отборов. Орошаемое земледелие. 2019;(2):44-45. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-12
- Сирота С.М., Пинчук Е.В., Шевченко Т.Е. Реалии российского рынка овоще-бахчевых культур в разрезе баланса производства и потребления продукции. Картофель и овощи. 2020;(4):3-9. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.93.16.001>
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Шапошников Д.С., Белов С.И. Эффективность применения новых видов и норм водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019;(81):173-177.
- Рябчикова Н.Б., Колебошина Т.Г., Сулова В.А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество плодов арбуза в условиях открытого грунта Волгоградского Заволжья. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018;(72):315-320 DOI: 10.21515/1999-1703-72-315-320
- Шапошников Д.С., Колебошина Т.Г., Белов С.И. Значение новых технологических приемов при выращивании арбуза в условиях Волгоградского Заволжья. Таврический вестник аграрной науки. 2017;(2):117-123.
- Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., Россельхозакадемия. 2011. С.648
- Белик В.Ф., Бондаренко Г.А. Методические указания по агротехническим и физиологическим исследованиям с овощными и бахчевыми культурами. М., ВНИИО. 1979. С.210.
- Белик В.Ф. Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве. М., 1970. С.18-149.

References

- Kobileshina T.G., Varivoda E.A. Melon Growing Industry Analysis in Modern Economic Conditions. 2020. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 459, Chapter 5. 06207 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/6/062075>
- Lushchik A.A. Assessment of the need for vegetables in accordance with rational norms of consumption. Vegetable crops of Russia. 2019;(2):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-16-21>
- Galichkina E.A., Varivoda E.A., Varivoda O.P. Watermelon, the miracle berry of health. Proceedings of the international scientific conference "Prospects for medicinal plant growing." M., 2018. p. 244-250. (In Russ.)
- Galichkina E.A., Varivoda E.A., Kobkova N.V. Biochemical indicators of watermelon varieties of different ripeness groups and their dynamics as a result of selection selections. Volgograd. Irrigated agriculture. 2019;(2):44-45. (In Russ.) DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-12
- Sirota S.M., Pinchuk E.V., Shevchenko T.E. Realities of the Russian market of vegetable and melon crops in the context of the balance of production and consumption of products. Potatoes and vegetables. 2020;(4):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.93.16.001>
- Ryabchikova N.B., Kobileshina T.G., Shaposhnikov D.S., Belov S.I. The effectiveness of the use of new types and norms of water-soluble fertilizers in the technology of growing table watermelon in the Volgograd Trans-Volga region. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2019;(81):173-177. (In Russ.)
- Ryabchikova N.B., Kobileshina T.G., Suslova V.A. The influence of growth stimulants on the yield and quality of watermelon fruits in the open ground of the Volgograd Trans-Volga region. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018;(72):315-320. (In Russ.) DOI: 10.21515/1999-1703-72-315-320
- Shaposhnikov D.S., Kobileshina T.G., Belov S.I. The value of new technological methods for growing watermelon in the Volgograd Trans-Volga region. Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. 2017;(2):117-123. (In Russ.)
- Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M., Rossel'hozakademiya. 2011. P.648. (In Russ.)
- Belik V.F., Bondarenko G.A. Guidelines for agronomic and physiological studies on vegetable and melon crops. M: VNIIO. 1979. P.210. (In Russ.)
- Belik V.F. Methods of physiological research in vegetable and melon growing. M., 1970. P.18-149. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-99-104>
УДК 635.64:581.1.045:581.13

О.А. Чунихина¹, М.П. Разгонова^{1,2},
А.М. Захаренко^{1,2}, К.С. Голохваст^{1,2,3,4}

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР) 190031, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42

² ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа Биомедицины 690922, Россия, Владивосток, остров Русский, Аякс, 10

³ ФГБНУ «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Академии Наук РФ» 690041, Россия, Владивосток, ул. Радио, 7

⁴ ФГБНУ «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий» 633501, Россия, Новосибирская область, Краснообск, СФНЦ РАН, а/я 463

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Чунихина О.А., Разгонова М.П., Захаренко А.М., Голохваст К.С. Исследование плодов образцов томата *Solanum lycopersicum* L., происходящих из разных климато-географических зон, и идентификация метаболитов методом tandemной масс-спектрометрии. *Овощи России*. 2021; (4): 99-104.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-99-104>

Поступила в редакцию: 31.05.2021
Принята к печати: 17.07.2021
Опубликована: 25.08.2021

Olga A. Chunikhina¹, Maya P. Razgonova^{1,2},
Alexander M. Zakharenko^{1,2},
Kirill S. Golokhvast^{1,2,3,4}

¹ FSBSI "Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources" (VIR) 42, st. Bolshaya Morskaya, St. Petersburg, 190031, Russia

² "Far Eastern Federal University", School of Biomedicine 10, Ajax, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

³ FSBSI "Pacific Geographical Institute Far-Eastern branch, Russian Academy of Sciences" 7, st. Radio, Vladivostok, 690041, Russia

⁴ FSBSI "Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology" PO Box 463, SFNTSA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 633501, Russia

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

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

For citations: Chunikhina O.A., Razgonova M.P., Zakharenko A.M., Golokhvast K.S. Research of tomatoes *Solanum lycopersicum* L. originating from different climatic-geographical regions and identification of metabolites by tandem mass spectrometry. *Vegetable crops of Russia*. 2021; (4): 99-104. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-99-104>

Received: 31.05.2021
Accepted for publication: 17.07.2021
Accepted: 25.08.2021

Исследование плодов образцов томата *Solanum lycopersicum* L., происходящих из разных климато-географических зон, и идентификация метаболитов методом tandemной масс-спектрометрии



Резюме

Актуальность. Целый ряд научных исследований подтверждает, что потребление фруктов и овощей может снизить риск некоторых хронических заболеваний, таких как рак и сердечно-сосудистые заболевания, например, потребление свежих помидоров и продуктов из томатов обратно пропорционально развитию некоторых видов рака. Плоды томата *Solanum lycopersicum* L. содержат большое количество полифенольных комплексов, являющихся биологически активными соединениями. В данной статье авторы впервые попытались представить полный метаболомный состав экстрактов плодов *Solanum lycopersicum*.

Материалы и методы: В качестве объекта исследования были использованы плоды томатов *Solanum lycopersicum* L. из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов им. Н.И. Вавилова, выращенные и собранные на Дальневосточной опытной станции Филиале ВИР в сентябре 2020 года (сорта: к-5351 Ont77 13, Канада; к-3149 Rehovoth, Израиль; 2698 Украина). Для идентификации целевых аналитов в экстрактах, полученных мацерационным методом, использована высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) в комплексе с ионной ловушкой BRUKER DALTONIKS (tandemная масс-спектрометрия).

Результаты: Результаты начальных исследований выявили присутствие 36 полифенольных соединений и соединений других классов, из них 22 идентифицировано впервые в *Solanum lycopersicum* L. Это апигенин, лютеолин, кампферол, таксифолин, мирицетин, кутаровая кислота, кофеилмалевая кислота, каftarовая кислота, дикаффеилхиновая кислота, кумарины фраксетин и глюкоронид фраксетина, антоцианин пеларгонидин, сальвианоловая кислота D, розмано́л, колнеленовая кислота, этил розмаринат, лигнан медиоресинол, сквален и др. Полученные данные помогут интенсифицировать будущие исследования по разработке и производству различных продуктов функционального питания, содержащих целевые экстракты *Solanum lycopersicum* L.

Ключевые слова: *Solanum lycopersicum*, томат, ВЭЖХ-МС/МС, tandemная масс-спектрометрия, полифенольные соединения

Research of tomatoes *Solanum lycopersicum* L. originating from different climatic-geographical regions and identification of metabolites by tandem mass spectrometry

Abstract

Relevance. A number of scientific studies confirm that consumption of fruits and vegetables can reduce the risk of certain chronic diseases, such as cancer and cardiovascular diseases, for example, consumption of fresh tomatoes and tomato products is inversely proportional to the development of certain types of cancer. Tomato *Solanum lycopersicum* L. contains a large number of polyphenolic complexes, which are biologically active compounds. In this article, the authors have attempted for the first time to present the complete metabolomic composition of *Solanum lycopersicum* extracts.

Materials and methods: As an object of research, authors used the extracts of *Solanum lycopersicum* L., from the collection of the Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, grown and collected at the Far Eastern Experiment Station Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution in September 2020 (varieties: k-5351 Ont77 13, Canada; k-3149 Rehovoth, Israel; 2698 Ukraine). High performance liquid chromatography (HPLC) in combination with a BRUKER DALTONIKS ion trap (tandem mass spectrometry) was used to identify target analytes in extracts obtained by the maceration method.

Discussion: The results of initial studies revealed the presence of 36 biologically active compounds, of which 22 were identified for the first time in *Solanum lycopersicum* L. These are Apigenin, Luteolin, Kaempferol, Taxifolin, Myricetin, Coumaric acid, Caffeoylmalic acid, Caffeic acid, Dicafeoylquinic acid, coumarins Fraxetin, and Fraxetin-7-O-beta-glucuronide, Pelargonidin, Salvianolic acid D, Rosmanol, Colnelenic acid, Ethyl rosemary, Lignan Medioresinol-O-hexoside, Squalene, etc. The findings will help to intensify future research into the development and production of various functional food products containing targeted extracts of *Solanum lycopersicum* L.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, tomato, HPLC-MS / MS, tandem mass spectrometry, polyphenolic compounds

Введение

Целый ряд научных исследований подтверждает, что потребление фруктов и овощей может снизить риск некоторых хронических заболеваний, таких как рак и сердечно-сосудистые заболевания [Willett W.C., 1994; Temple N.J., 2000], например, потребление свежих помидоров и продуктов из томатов обратно пропорционально развитию некоторых видов рака [Giovannucci et al., 1999]. Было высказано предположение, что фенольные соединения играют важную роль в сохранении здоровья человека из-за свойств, связанных с их антиоксидантной способностью, благодаря которой они могут обеспечивать антиоксидантную защиту от окислительных процессов и предотвращать некоторые заболевания [Manach et al., 2004; Zanotti et al., 2014]. Фенольные соединения – это водорастворимые вещества, которые имеют тенденцию накапливаться в поверхностных оболочках плодов и цветов растения вследствие их потенциальной роли в защите от ультрафиолетового излучения [Carrillo-Lopez et al., 2013] и связаны с ростом, развитием и защитой растения от различных патогенов и паразитов, помимо придания окраски плодам фруктов и овощей [Robards & Antolovich, 1997]. В томате основные присутствующие фенольные кислоты – это хлорогеновая и кофейная кислоты, также присутствовали феруловая кислота, рутин и производные хлорогеновой кислоты [Minoggio et al., 2003]. Slimestad и Verheulm, (2009) также сообщили, что хлорогеновые кислоты и их родственные соединения являются основными фенольными соединениями в томатах, помимо флавоноидов. Что касается лечебных свойств хлорогеновой кислоты, то это фенольное соединение обладает рядом полезных для здоровья свойств, связанных с мощной антиоксидантной активностью, а также гепатопротекторной, гипогликемической и противовирусной активностью [Farah & Donangelo, 2006.].

Настоящая работа рассматривает детальный метаболомный анализ томатов *Solanum lycopersicum* L., из коллекции Всероссийского института генетических исследований им. Н.И. Вавилова, выращенных и собранных на Дальневосточной опытной станции Филиале ВИР в сентябре 2020 года. В выборке представлен метаболомный анализ мацерационных экстрактов плодов томатов к-5351 Ont77 13 (Канада), к-3149 Rehovoth (Израиль) и 2698 (Украина).

2. Материалы и методы

2.1 Материалы

В качестве объекта исследования были использованы плоды томатов *Solanum lycopersicum* L., из коллекции Всероссийского института генетиче-

ских исследований им. Н.И. Вавилова, выращенные и собранные на Дальневосточной опытной станции Филиале ВИР в сентябре 2020 года (сорта: к-5351 Ont77 13, Канада; к-3149 Rehovoth, Израиль; 2698 Украина).

2.2 Методы

2.1 Дробная мацерация. Для получения высококонцентрированных экстрактов была применена дробная мацерация. При этом общее количество экстрагента (метилового спирта х.ч.) разделено на 3 части и последовательно настояно на плодах *Solanum lycopersicum* L., с первой частью, затем со второй и третьей. Время настойки каждой части экстрагента составляло 7 дней.

2.2 Высокоэффективная жидкостная хроматография. Для выполнения разделения многокомпонентных смесей использовался жидкостный хроматограф высокого давления Shimadzu LC-20 Prominence HPLC (Shimadzu, Япония), оборудованный UV-детектором и обратнофазной колонкой Shodex ODP-40 4E. Программа элюции градиента следующая: 0,0 – 4 мин, 100% CH₃CN; 4 – 60 мин, 100% – 25% CH₃CN; 60 – 75 мин, 25% – 0 % CH₃CN; контрольная промывка 75-120 мин 0% CH₃CN. Весь ВЭЖХ-анализ сделан с UV-VIS-детектором SPD-20A (Kanda-Nishikicho 1-chrome, Shimadzu, Chiyoda-ku, Токио, Япония) при длинах волн 230 нм и 330 нм; температура 17°C. Объем впрыска составлял 1 мл.

2.3 Тандемная масс-спектрометрия. Масс-спектрометрические данные получены с помощью ионной ловушки amaZon SL (производство фирмы «BRUKER DALTONIKS», Германия), оснащенной источником ионизации электрораспылением ESI в режимах отрицательных и положительных ионов. Оптимизированные параметры получены следующим образом: температура источника ионизации: 70°C, поток газа: 4 л/мин, газ-небилайзер (распылитель): 7,3 psi, капиллярное напряжение: 4500 V, напряжение на изгибе торцевой пластины: 1500 V, фрагментатор: 280 V, энергия столкновения: 60 eV. Масс-спектрометр использовался в диапазоне сканирования m/z 100 – 1.700 для МС и МС/МС. Произведена фрагментация 4 порядка.

3. Результаты исследований

Уточнение метаболомного состава – чрезвычайно важный результат в системе биохимического анализа. В данной работе был использован метод ВЭЖХ-МС/МС с дополнительной ионизацией и анализом фрагментированных ионов. Высокоточные масс-спектрометрические данные регистрировались на ионной ловушке AMAZON SL BRUKER DALTONIKS, оснащенной источником ESI в режиме отрицатель-

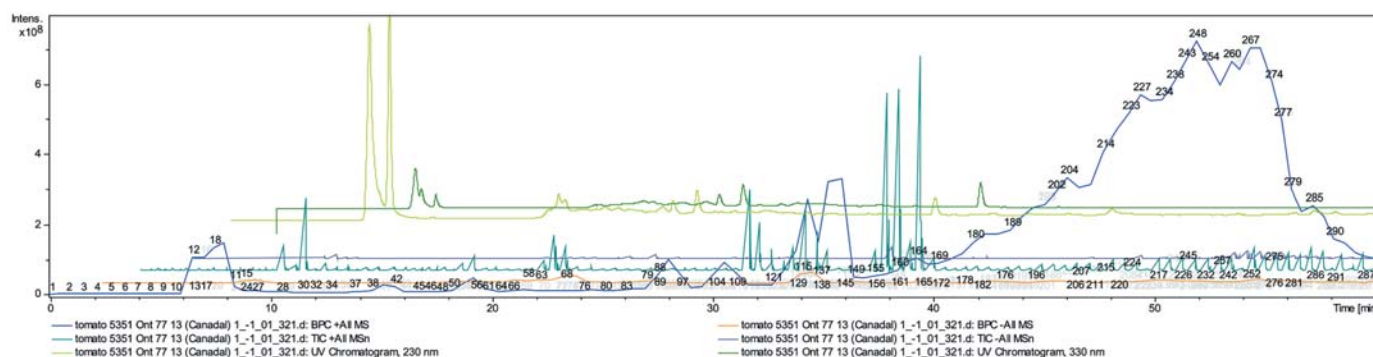


Рис.1. Распределенный график тандемной масс-спектрометрии анализируемых целевых аналитов экстракта *Solanum lycopersicum* (к-5351 Ont77 13, Канада), представленный ионной хроматограммой
Fig 1. Chemical profiles of the *Solanum lycopersicum* (variety k-5351 Ont77 13, Canada) sample represented total ion chromatogram from MeOH-extract

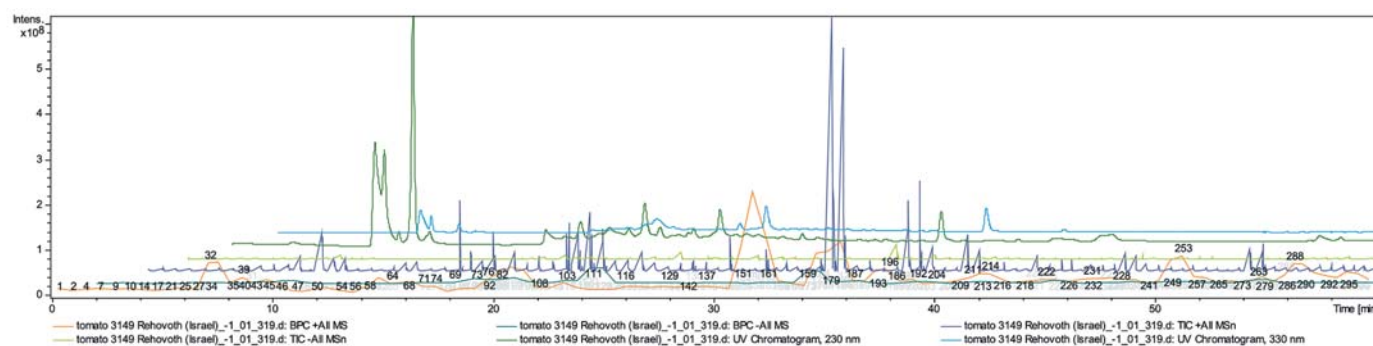


Рис.2. Распределенный график тандемной масс-спектрометрии анализируемых целевых аналитов экстракта *Solanum lycopersicum* (к-3149 Rehovoth, Израиль), представленный ионной хроматограммой
Fig 2. Chemical profiles of the *Solanum lycopersicum* (variety k-3149 Rehovoth, Israel) sample represented total ion chromatogram from MeOH-extract

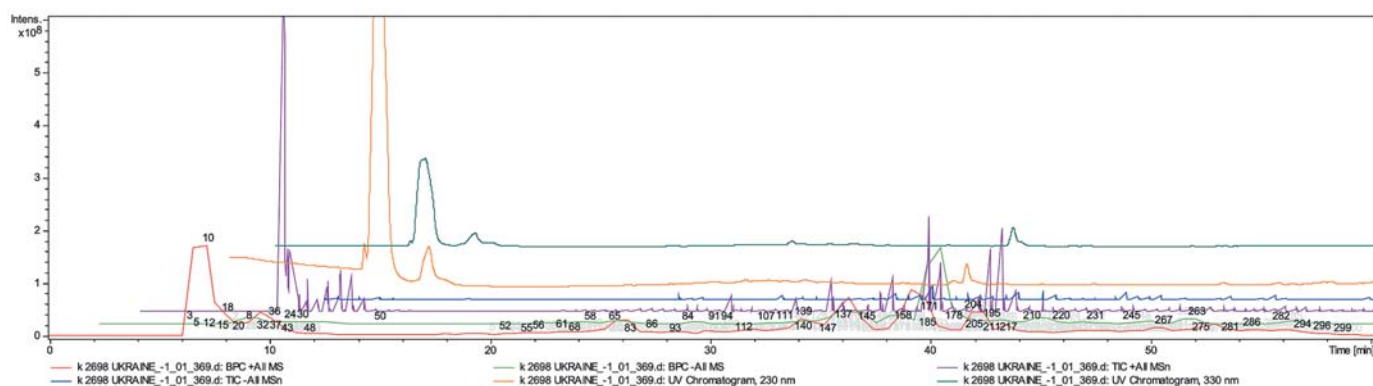


Рис.3. Распределенный график тандемной масс-спектрометрии анализируемых целевых аналитов экстракта *Solanum lycopersicum* (2698 Украина), представленный ионной хроматограммой
Fig 3. Chemical profiles of the *Solanum lycopersicum* (variety 2698, Ukraine) sample represented total ion chromatogram from MeOH-extract

ных/положительных ионов. Использовалось четырехступенчатое фрагментирование ионов.

Ниже представлены распределенные графики тандемной масс-спектрометрии анализируемых целевых аналитов экстрактов *Solanum lycopersicum* (рис.1, 2, 3). Всего на ионных хроматограммах было обнаружено 300 пиков выделенных целевых аналитов.

Для простоты идентификации составлена унифицированная системная таблица молекулярных масс целевых аналитов, выделенных из экстрактов плодов *Solanum lycopersicum* (табл. 1). В результате масс-спектрометрического исследования выделено 36 метаболомных соединений, из них 22 комплекса идентифицированы в *Solanum lycopersicum* впервые. Идентификация соединений (значения

Таблица 1. Соединения, идентифицированные в экстракте плодов *Solanum lycopersicum*
Table 1. Identified target analytes in MeOH extracts of *Solanum lycopersicum*

		Группа соединений	Идентификация соединения	Химическая формула	Молярная масса	Ион-аддукт [M-H] ⁻	Ион-аддукт [M+H] ⁺	MS/MS фрагментация 1 порядка	MS/MS фрагментация 2 порядка	MS/MS фрагментация 3 порядка
	Коллекционные номера ВИР	Полифенолы								
1	2698 Ukraine	Флавоны	Apigenin [5,7-Dihydroxy-2-(40Hydroxyphenyl)-4H-Chromen-4-One]	C15H10O5	270.2369	269		179; 119	161; 143; 113	
2	2698 Ukraine	Флавоны	Luteolin	C15H10O6	286.2363		287	227; 269; 153; 114	153; 130	
3	2698 Ukraine	Флавоны	5,6-Dihydroxy-7,8,3',4'-tetramethoxyflavone	C19H18O8	374.3414	373		341	297; 269; 241; 176; 134	239; 152
4	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Флавоны	Chrysoeriol O-hexoside	C22H22O11	462.4036		463	454; 416; 391; 347; 327; 307	445; 407; 398; 391; 380; 347; 329	
5	2698 Ukraine	Флавоны	Apigenin-C-hexoside-C-pentoside	C26H28O14	564.4921		565	536; 505; 457; 353; 321	457; 430; 329; 273	442; 381
6	2698 Ukraine	Флаванолы	Kaempferol	C15H10O6	286.2363		287	185; 268; 215; 154	275	
7	2698 Ukraine	Флаванолы	Quercetin	C15H10O7	302.2357					
8	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Флаванолы	Dihydroquercetin (Taxifolin; Taxifolol)	C15H12O7	304.2516		305	303; 285; 260; 231; 212	274; 260; 217; 174	
9	2698 Ukraine	Флаванолы	Myricetin	C15H10O8	318.2351		319	272; 247; 192; 151	133	
10	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Флаванолы	Rutin (Quercetin 3-O-Rutinoside)	C27H30O16	610.5175	609		300; 170	271; 178; 121	270; 199; 163
11	κ-3149 Rehovoth (Israel); κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Флаванолы	Rutin-O-pentoside	C32H38O20	742.6321	741.11		300; 723; 651; 609; 506; 385; 255	271; 151	
12	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Флаванолы	Naringenin [Naringetol; Naringenine]	C15H12O5	272.5228	271		179	163; 119	
13	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Флаванолы	Naringenin-O-hexoside	C21H22O10	434.3934	433		271	151; 177; 119.11	
14	κ-3149 Rehovoth (Israel); κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Фенилпропаноид (производное коричной кислоты)	p-Coumaric acid	C9H8O3	164.16		165	120; 149	120	
15	κ-3149 Rehovoth (Israel); 2698 Ukraine	Гидроксикоричная кислота	Coumaric acid [Trans-P-Coumaroyltartaric acid]	C13H12O8	296.2296		297.18	147; 204; 237	119	
16	κ-5351 Ont 77 13 (Canada); 2698 Ukraine	Гидроксикоричная кислота	Caffeoylmalic acid	C13H12O8	296.2296		297.2	279; 266; 239; 218; 195; 167	205.17; 182	
17	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Гидроксикоричная кислота	Caftaric acid [Cis-Caftaric acid; 2-Caffeoyl-L-Tartaric acid; Caffeoyl Tartaric acid]	C13H12O9	312.23		313	120; 177; 283		
18	κ-3149 Rehovoth (Israel); 2698 Ukraine	Гидроксикоричная кислота	Caffeic acid-O-hexoside [Caffeoyl-O-hexoside]	C15H18O9	342.298	341		281; 251; 179; 135	179; 221	
19	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Фенилпропаноид (производное коричной кислоты)	Chlorogenic acid [3-O-Caffeoylquinic acid]	C16H18O9	354.3087	353		191; 255; 316	173; 127	
20	κ-3149 Rehovoth (Israel); κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Фенилпропаноид (производное коричной кислоты)	Cryptochlorogenic acid [4-O-Caffeoylquinic acid; Quinic acid 4-O-Caffeate]	C16H18O9	354.3087	353		191	111; 172	
21	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Фенилпропаноид (производное коричной кислоты)	4,5-O-dicaffeoylquinic acid [Isochlorogenic acid C]	C25H24O12	516.4509		517	477; 471; 458; 409; 359; 349; 323; 265; 217; 183; 167		
22	κ-3149 Rehovoth (Israel); κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Производное гидроксибензойной кислоты	Vanillic acid-O-hexoside	C14H18O9	330.2889	329		229; 212; 183; 171; 153; 247; 273; 293; 311	211; 183; 167; 155	211; 193; 183; 175; 151
23	κ-3149 Rehovoth (Israel); κ-5351 Ont 77 13 (Canada);.	Гидроксикоричная кислота	Salvianolic acid D	C20H18O10	418.3509	417		373; 347	347; 329; 303	347; 329; 303
24	2698 Ukraine	Антоцианины	Pelargonidin [Pelargonidin chloride]	C15H11O5+	271.2493		271	253; 197; 169; 135	233; 208; 181; 145	
25	κ-5351 Ont 77 13 (Canada); 2698 Ukraine	Кумарины	Fraxetin	C10H8O5	208.1675	207		179; 161; 136	135	
26	κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Кумарины	Fraxetin-7-O-beta-glucuronide	C16H16O11	384.2916		385	342; 317; 293; 235; 227; 209; 177		
27	2698 Ukraine	Другие соединения Циклогексанкарбоновая кислота	Perillic acid	C10H14O2	166.217	165		147	119	
28	κ-5351 Ont 77 13 (Canada); 2698 Ukraine	Трикарбоновая кислота	Citric acid [Anhydrous; Citrate]	C6H8O7	192.1235	191		111; 173; 129	111	
29	2698 Ukraine	Омега-3 жирная кислота	Linolenic acid (Alpha-Linolenic acid; Linolenate)	C18H30O2	278.4296		279	260; 233; 207; 166; 120	120	
30	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Оксипирины	Colnolenic acid	C18H28O9	292.4131		293.03	275; 230; 147	257; 229; 147	
31	κ-3149 Rehovoth (Israel); 2698 Ukraine	Оксипирины	11-Hydroperoxy-octadecatrienoic acid	C18H30O4	310.4284	309		291; 265; 247; 209; 193; 183; 171	273; 223; 211; 193; 178; 167; 151; 137	
32	2698 Ukraine	Дитерпеноиды	Rosmanol	C20H26O5	346.4174	345		299; 271; 239; 209; 179	271; 226; 179; 125	243; 227; 199; 156
33	2698 Ukraine	Бензолпропановая кислота	Ethyl rosmarinic acid	C20H20O8	388.3680	387		163; 207; 245; 287	164	
34	κ-5351 Ont 77 13 (Canada)	Тритерпеноиды	Squalene (Trans-Squalene; Spinacene; Supraene)	C30H50	410.718	411		203; 393; 351; 338; 291; 249; 231; 185; 166	143	
35	κ-3149 Rehovoth (Israel)	Тритерпеноиды	1-Hydroxy-3-oxo-12-en-28-oic acid	C30H46O4	470.6838		471	461.58; 380.58; 255; 162	453; 347; 309.9; 203; 162	
36	κ-5351 Ont 77 13 (Canada); 2698 Ukraine	Лигнаны	Medioresinol-O-hexoside	C27H34O12	550.6	549		387; 369; 161	163.09; 343.27; 250; 225; 209; 149	147

Апигенин

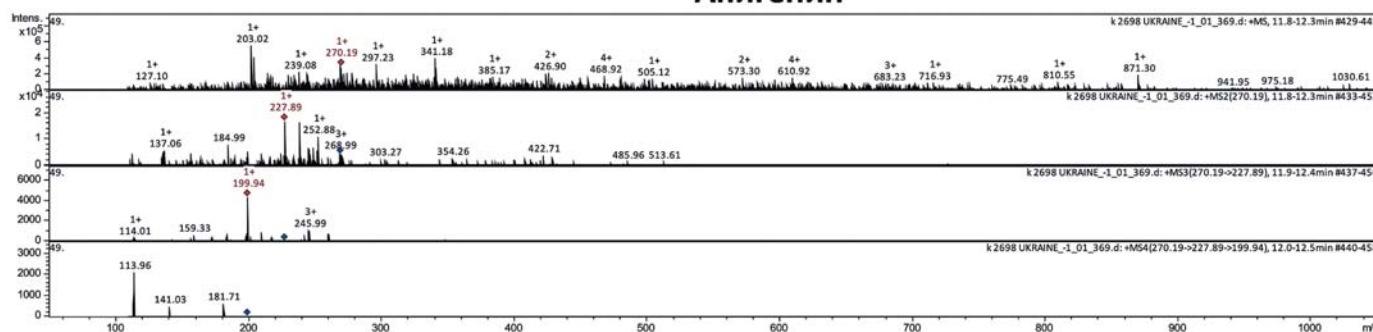


Рис.4. Масс-спектр соединения апигенина, полученный из экстракта плодов *Solanum lycopersicum*, m/z 270.19
Fig. 4. Mass spectrum of apigenin compound obtained from *Solanum lycopersicum* fruit extract, m/z 270.19

Сальвианоловая кислота D

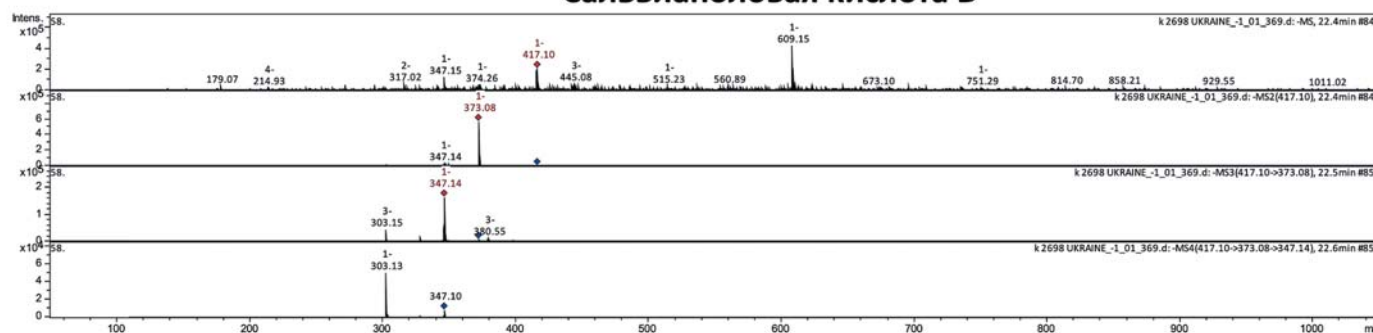


Рисунок 5. Масс-спектр сальвианоловой кислоты D, полученный из экстракта плодов *Solanum lycopersicum*, m/z 417.1
Fig. 5. Mass spectrum of salviolic acid D obtained from extract of fruits of *Solanum lycopersicum*, m/z 417.1

m/z и фрагментированные ионы) производилась путем сравнения полученных экспериментальных данных с известными научными результатами [Pandey et al., 2016; Wojakowska et al., 2013; Vallverdu-Queralt et al., 2012; Ruiz et al., 2013; Goufo et al., 2020; Dinelli et al., 2011; Marzouk et al., 2018; Zhang et al., 2018; Jaiswal et al., 2014; Rodriguez-Perez et al., 2018 и др.].

На рисунках 4-5 показаны наиболее яркие примеры масс-спектров ионных хроматограмм, полученных с помощью тандемной масс-спектрометрии. Масс-спектр апигенина в режиме положительных ионов, полученный из экстракта плодов *Solanum lycopersicum*, показан на рисунке 2.

$[M+H]^+$ ион продуцирует три фрагментированных иона, m/z 227.89, m/z 184.99 и m/z 137.06 (Рисунок 4). Фрагментированный ион m/z 227.89 формирует три характерных дочерних иона (m/z 199.94, m/z 159.33, m/z 114.01). Далее идет фрагментация четвертого порядка: фрагментированный ион m/z 199.94 формирует три дочерних иона: m/z 181.71, m/z 141.03 и m/z 113.96. В нижеприведенных статьях данное соединение идентифицируется, как апигенин: *Triticum aestivum* L. [Dinelli et

al., 2011; Wojakowska et al., 2013] *Mentha* [Marzouk et al., 2018]; *Bauninia championii* [Zhang et al., 2018]; *Lonicera henryi* [Jaiswal et al., 2014]. Масс-спектр сальвианоловой кислоты D в режиме отрицательных ионов, полученный из экстракта плодов *Solanum lycopersicum*, показан на рисунке 5.

$[M-H]^-$ ион продуцирует один фрагментированный ион, m/z 373.08 (рис.5). Фрагментированный ион m/z 373.08 формирует два характерных дочерних иона: m/z 347.14 и m/z 303.15. Фрагментированный ион m/z 347.14 формирует один дочерний ион с m/z 303.13. В нижеприведенных научных статьях данное соединение идентифицируется, как сальвианоловая кислота D: *Mentha* [Cirlini et al., 2016; Chen et al., 2017]; *Salvia multiorrhiza* [Jiang et al., 2005].

Таким образом, в мацерационных экстрактах *Solanum lycopersicum* было идентифицировано 36 соединений метаболома, многие из которых характерны для вида *Solanum lycopersicum* L. Из них 22 компонента были идентифицированы впервые в данном виде растения. Это флавоны: апигенин, лютеолин; флаванолы: кампферол, таксифолин, мирицетин, гидроксикоричные кислоты: кутаровая

кислота, кофеилmaleвая кислота, кафтаровая кислота, дикаффеилхиновая кислота; кумарины фраксетин и глюкоронид фраксетина, антоцианин пеларгонидин, гидроксibenзойная кислота: сальвианоловая кислота D, циклогексанкарбоновая кислота: перилловая кислота; розманоол, оксипин колнеленовая кислота, этил розмаринат, лигнан медиоресинол, тритерпеноид сквален и др.

Заклучение

Плоды томата *Solanum lycopersicum* L. содержат большое количество полифенольных комплексов, являющихся биологически активными соединениями. Для наиболее полного и безопасного экстрагирования был использован метод мацерации с помощью MeOH. Для идентификации целевых аналитов в

сверхкритических экстрактах использована ВЭЖХ в комплексе с ионной ловушкой BRUKER DALTONIKS. Результаты предварительного исследования показали присутствие 36 соединений, соответствующих семейству Solanaceae, из них 22 идентифицировано впервые в *Solanum lycopersicum* L.

Полученные данные помогут интенсифицировать будущие исследования по разработке и производству различных продуктов функционального питания, содержащих целевые экстракты *Solanum lycopersicum* L. Большое разнообразие биологически активных полифенольных соединений открывает богатые возможности для создания новых лекарственных препаратов, а также биологически активных добавок на основе экстрактов из семейства Solanaceae.

Об авторах:

Ольга Александровна Чунихина – научный сотрудник, chunikhina_o@mail.ru

Майя Петровна Разгонова – кандидат техн. наук, ВРИО директора Дальневосточной опытной станции Филиала ВИР, m.razgonova@vir.nw.ru

Александр Михайлович Захаренко – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, Zakharenko.am@dvfu.ru

Кирилл Сергеевич Голохваст – доктор биол. наук, профессор, член-корр. РАО, директор ФГБНУ «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий», golokhvast@sfsca.ru

About the authors:

Olga A. Chunikhina – Researcher, chunikhina_o@mail.ru

Maya P. Razgonova – Cand. Sci. (Engineering), Acting Director of the Far Eastern Experimental Station of the VIR Branch, m.razgonova@vir.nw.ru

Alexander M. Zakharenko – Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Zakharenko.am@dvfu.ru

Kirill S. Golokhvast – Doc. Sci. (Biol.), Professor, Corresponding Member RAO, Director of the Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology, golokhvast@sfsca.ru

• Литература / References

- Carrillo-Lopez A., Yahia E. HPLC–DAD–ESI–MS Analysis of Phenolic Compounds During Ripening in Exocarp and Mesocarp of Tomato Fruit. *J. Food Sci.* 2013;78(12):1839–1844.
- Chen X., Zhang S., Xuan Z., Ge D., Chen X., Zhang J., Wang Q., Wu Y., Liu B. The Phenolic Fraction of *Mentha haplocalyx* and Its Constituent Lignan Ameliorate Inflammatory Response through Inactivation of NF- κ B and MAPKs in Lipopolysaccharide-Induced RAW264.7 Cells. *Molecules*. 2017;(22):811.
- Cirlini M., Mena P., Tassotti M., Herrlinger K. A., Nieman K. M., Dall'Asta C., Del Rio D. Phenolic and volatile composition of a dry spearmint (*Mentha spicata* L.). *Molecules*. 2016;(21):1007.
- Dinelli G., Segura-Carretero A., Di Silvestro R., Marotti I., Arraez-Roman D., Benedettelli S., Ghiselli L., Fernandez-Gutierrez A. Profiles of phenolic compounds in modern and old common wheat varieties determined by liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*. 2011;(1218):7670–7681.
- Farah A., Donangelo C.M. Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.* 2006;(18):23–36.
- Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiological literature. *J. Nat. Cancer Inst.* 1999;(91):317–331.
- Goufo P., Singh R.K., Cortez I. A Reference List of Phenolic Compounds (Including Stilbenes) in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Roots, Woods, Canes, Stems, and Leaves. *Antioxidants*. 2020;(9):398.
- Jaiswal R., Muller H., Muller A., Karar M.G.E., Kuhnert N. Identification and characterization of chlorogenic acids, chlorogenic acid glycosides and flavonoids from *Lonicera henryi* L. (Caprifoliaceae) leaves by LC–MSn. *Phytochem.* 2014;(108):252–263.
- Jiang R.-W., Lau K.-M., Hon P.-M., Mak T.C.W., Woo K.-S., Fung K.-P. Chemistry and Biological Activities of Caffeic Acid Derivatives from *Salvia miltiorrhiza*. *Current Med. Chem.* 2005;(12):237–246.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004;(79):727–47.
- Marzouk M.M., Hussein S.R., Elkhateeb A., El-shabrawy M., Abdel-Hameed E.-S. S., Kwashty S.A. Comparative study of *Mentha* species growing wild in Egypt: LC-ESI-MS analysis and chemosystematic significance. *J. Applied Pharm. Sci.* 2018;8(08):116–122.
- Minoggio M., Bramati L., Simonetti P., Gardana C., Lemoli L., Santangelo E., Mauri P.L., Spigno P., Soressi G.P., Pietta P.G. Polyphenol pattern and antioxidant activity of different tomato lines and cultivars. *Ann. Nutr. Metab.* 2003;(47):64–9.
- Pandey R., Kumar B. HPLC–QTOF–MS/MS-based rapid screening of phenolics and triterpenic acids in leaf extracts of *Ocimum* species and their interspecies variation. *J. Liquid Chromatogr. & Related.* 2016;(39):225–238.
- Robards K., Antolovich M. Analytical chemistry of fruits bioflavonoids: a review. *Analyst.* 1997;122(2):11R–34R.
- Rodriguez-Perez C., Gomez-Caravaca A.M., Guerre-Hernandez E., Cerretani L., Garcia-Villanova B., Verardo V. Comprehensive metabolite profiling of *Solanum tuberosum* L. (potato) leaves T by HPLC-ESI-QTOF-MS. *Food Res. Int.* 2018;(112):390–399.
- Ruiz A., Hermosin-Gutierrez I., Vergara C., von Baer D., Zapata M., Hitschfeld A., Obando L., Mardones C. Anthocyanin profiles in south Patagonian wild berries by HPLC-DAD-ESI-MS/MS. *Food Res. Int.* 2013;(51):706–713.
- Temple N.J. Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutr. Res.* 2000;20(3):449–59.
- Vallverdu-Queralt A., Jauregui O., Medina-Ramon A., Lamuela-Raventos R.M. Evaluation of a Method To Characterize the Phenolic Profile of Organic and Conventional Tomatoes. *Agric. Food Chem.* 2012;(60):3373–3380.
- Wojakowska A., Perkowski J., Goral T., Stobiecki M. Structural characterization of flavonoid glycosides from leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.) using LC/MS/MS profiling of the target compounds. *J. Mass. Spectrom.* 2013;(48):329–339.
- Willett W.C. Diet and health: what should we eat? *Science*. 1994;(264):532–537.
- Zanotti I., Jia P., Dall'Asta M., Mena P., Mele L., Ray S., Del Rio D. Atheroprotective effects of (poly)phenols: a focus on cell cholesterol metabolism. *Food & Function*. 2015;(6):13–31.
- Zhang, Y.; Yan, G.; Sun, C.; Li, H.; Fu, Y.; Xu, W. Apoptosis Effects of Dihydrokaempferol Isolated from *Bauhinia championii* on Synoviocytes. *Hindawi. Evid. -Based Complementary and Alternative Medicine*. 2018. Article ID 9806160.

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110>

УДК 633.88:582.998.14

П.О. Маврина, О.Л. Сайбель,
Е.Л. Маланкина

ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений"

117216, Россия, Москва, ул. Грина, д. 7

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Маврина П.О., Сайбель О.Л., Маланкина Е.Л. Возможности использования листьев культивируемого цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) в качестве лекарственного растительного сырья (обзор). *Овощи России*. 2021;(4):105-110. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110>

Поступила в редакцию: 23.06.2021

Принята к печати: 27.06.2021

Опубликована: 25.08.2021

Polina O. Mavrina,
Olga L. Saybel, Elena L. Malankina

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grin st., Moscow, 117216

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

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

For citations: Mavrina P.O., Saybel O.L., Malankina E.L. Possibilities of using leaves cultivated chicory (*Cichorium intybus* L.) as a medicinal plant material (review). *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):105-110. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-105-110>

Received: 03.06.2021

Accepted for publication: 27.06.2021

Accepted: 25.08.2021

Возможности использования листьев культивируемого цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) в качестве лекарственного растительного сырья (обзор)



Резюме

Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) широко известен как пищевое растение. Однако в народной медицине многих стран корни и листья цикория используют в качестве желчегонного, противовоспалительного, гипогликемического средства. В связи с этим, перспективным направлением исследований представляется подробное изучение биологических особенностей и химического состава данного растения с целью обоснования его применения в лечебных и профилактических целях. В статье представлен анализ имеющейся информации о ботанической классификации и биологических особенностях, агротехнике, химическом составе и использованию в научной и народной медицине надземной части культивируемого цикория обыкновенного. Возможными ресурсами для сбора листьев цикория являются дикорастущие популяции, а также сорта корневого цикория, который выращивают на территории России как техническую культуру. В природных условиях цикорий занимает нарушенные местообитания, характеризующиеся низким плодородием почвы, загрязненностью тяжёлыми металлами, а также повышенной конкуренцией с другими рудеральными растениями. Тогда как в условиях культуры обеспечиваются наилучшие агроэкологические условия для выращивания растений, ускоряющие их развитие и способствующих накоплению биологически активных веществ в большем количестве, по сравнению с дикорастущими. В связи с этим перспективным направлением исследований является изучение влияния различных факторов (освещенность, температура, погодные условия, агротехнические мероприятия, сортовые особенности, регуляторы роста) на содержание, качественный состав и динамику накопления биологически активных соединений в листьях культивируемого цикория обыкновенного.

Ключевые слова: *Cichorium intybus*, листья цикория, использование, фармакологическое действие

Possibilities of using leaves cultivated chicory (*Cichorium intybus* L.) as a medicinal plant material (review)

Abstract

Common chicory (*Cichorium intybus* L.) is widely known as a food plant. However, in folk medicine in many countries, the roots and leaves of chicory are used as a choleric, anti-inflammatory, hypoglycemic agent. In this regard, a promising direction of research is a detailed study of the biological characteristics and chemical composition of this plant in order to substantiate its use for therapeutic and prophylactic purposes. The article presents an analysis of the available information on the botanical classification and biological characteristics, agricultural technology, chemical composition and the use of the aerial part of the cultivated common chicory in scientific and folk medicine. Possible resources for collecting chicory leaves are wild-growing populations, as well as varieties of root chicory, which is grown in Russia as an industrial crop. Under natural conditions, chicory occupies disturbed habitats characterized by low soil fertility, pollution with heavy metals, and increased competition with other ruderal plants. While in the conditions of culture, the best agroecological conditions for growing plants are provided, accelerating their development and contributing to accumulation of biologically active substances in greater quantities, compared with wild ones. In this regard, a promising direction of research is to study the influence of various factors (illumination, temperature, weather conditions, agrotechnical measures, varietal characteristics, growth regulators) on the content, qualitative composition and dynamics of the accumulation of biologically active compounds in the leaves of cultivated common chicory.

Keywords: *Cichorium intybus*, chicory leaves, use, pharmacological action

Введение

Лекарственные растения являются уникальным источником биологически активных веществ, благодаря которым они используются для создания лекарственных растительных препаратов, которые по своей фармакологической активности не уступают синтетическим аналогам. В то же время они обладают низкой токсичностью и минимальным риском возникновения побочных эффектов и могут применяться длительное время при хронических заболеваниях.

Цикорий обыкновенный широко известен как пищевое растение. В настоящее время *Cichorium intybus* L. в основном выращивают в континентальной Европе, в Юго-Западной Азии и некоторых районах Северной Америки, Южной Африки и Австралии. Примерно половина мирового производства приходится на Бельгию, за которой следуют Франция, Польша, Нидерланды.

Однако исследования химического состава и фармакологической активности подтверждают целесообразность использования не только корнеплодов, но и листьев цикория в качестве лекарственного растительного сырья. В связи с этим, перспективным направлением исследований представляется подробное изучение биологических особенностей и химического состава данного растения с целью обоснования его применения в лечебных и профилактических целях, а также введения в номенклатуру официального лекарственного растительного сырья.

Целью работы является анализ имеющейся информации о ботанической классификации и биологических особенностях, агротехнике, химическом составе и использованию в научной и народной медицине надземной части культивируемого цикория обыкновенного и выявление перспективных направлений его использования.

Ботаническая характеристика

Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) принадлежит к семейству Сложноцветные (*Compositae*), триба Lactuceae, входящая в подсемейство *Cichorioideae*. У цикория обыкновенного выделяют три подвида: *Cichorium intybus* L. var. *foliosum* (Hegi) Bisch., *Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch. и *Cichorium intybus* L. var. *sativum* (Bisch.) Janch [1].

Подвид *Cichorium intybus* L. var. *foliosum* включает три сортотипа: бельгийский цикорий (витлуф), сахарный цикорий (Sugarloaf) и радиччио (Radicchio) – итальянский или красный цикорий [2]. Растение является овощной культурой, его листья формируют небольшие кочаны. В Государственном реестре селекционных достижений (далее – Госреестр), допущенных к использованию на территории Российской Федерации, зарегистрировано 12 сортов данного подвида под общим названием «Цикорный салат».

Cichorium intybus L. var. *silvestre* использовали в Новой Зеландии для получения сортов кормового назначения, таких как Puna, Forage Feast (для сорта

характерно низкое содержание лактуцина), Oasis (устойчив к склеротиниюзу). Сорта Certa и La Ninia используют на пастбищах в засушливых районах [3, 4].

Подвид *Cichorium intybus* L. var. *sativum*, известный как корневой цикорий, является технической культурой и выращивается для получения кофезаменителей. В Госреестре в настоящее время зарегистрировано 8 сортов: РЦ 4, Александрит, Петровский, Кризолит, Флюор, Голевский, Ростовский, Никольский¹.

Наименование «цикорий», помимо вида *Cichorium intybus* L., в описаниях местной флоры, а также народной медицине, как правило, включает в себя и другие виды. Исходя из данных молекулярных исследований, а также сравнения полученных результатов с описанием морфологических признаков, было выделено два культивируемых и наиболее известных вида – *C. intybus* L. и *C. endivia* L., и два дикорастущих вида – *C. spinosum* L. и *C. pumilum* Jacq. Кроме того, отмечены еще два вида, никогда не наблюдавшиеся в Европе – *C. calvum* Sch. Bip. ex Asch. и *C. bottae* Deflers. Первый эндемичен для засушливых и жарких мест Ближнего Востока и Юго-Западной Азии, а второй – для Йемена и Саудовской Аравии [5, 6].

Цикорий обыкновенный – двулетнее травянистое растение. Стебель одиночный прямостоячий, высотой до 150 см, ветвистый, покрытый редкими волосками. Листья очередные, прикорневые перистонадрезанные, с нижней стороны опушенные, собраны в розетку, стеблевые – острозубчатые, сидячие, верхние листья ланцетные, цельные. Корень многоглавый веретеновидный, длиной до 1,5 м, в верхней, утолщенной, части достигает 3...4 см в диаметре. Цветки голубые, реже розовые или белые, язычковые, собраны в одиночные или сидящие по нескольку на коротких цветоносах корзинки. Плод – семянка неправильно-клиновидной формы, с коротким хохолком. Растение цветет с июня до начала сентября, плоды созревают в августе-сентябре. Цикорий обыкновенный на территории России распространён в европейской части, на Кавказе, в Сибири. Произрастает на лесных полянах, лугах, травянистых склонах, по обрывистым берегам рек, около дорог, на пустырях и вблизи населенных пунктов. Является рудеральным растением [7, 8].

Особенности агротехники

Цикорий – холодостойкое растение, переносит кратковременные заморозки до минус 5°C, минимальная температура, необходимая для нормального роста растений 8°C. Для выращивания цикория предпочтительны легкие и среднетяжелые суглинистые черноземы, темные серые лесные и дерново-подзолистые слабокислые почвы (pH 6,0-7,0).

Элементы агротехники при возделывании корневого (*Cichorium intybus* L. var. *sativum*) и листового или кочанного (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) цикория во многом совпадают. Различия заключаются в сроках посева, которые зависят от климатических условий зоны выращивания и назначения

¹ Государственный реестр селекционных достижений. [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru>. (дата обращения: 30.04.2021)

использования растений, количестве вносимых минеральных удобрений и их качественном составе (для технологии выращивания корневого цикория характерно преобладание калийных удобрений, для листового – азотных), а также сроках уборки.

Лучшие предшественники – озимые зерновые, идущие по парам и пласту многолетних трав, зернобобовые кормовые культуры, убираемые на сено и зеленый корм в весенне-летний период. Повторное размещение цикория на одном и том же поле возможно не ранее, чем через 4 года.

Стерневые предшественники сразу после уборки урожая или одновременно с ней лушат дисковыми луцильниками или тяжелыми дисковыми боронами и до вспашки проводят необходимые мероприятия по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями. Для нормального развития корнеплодов обработку почвы проводят на глубину пахотного слоя, с одновременным внесением минеральных фосфорно-калийных удобрений (150-250 кг/га действующего вещества). Для предупреждения поражения корнеплодов склеротиниозом органические удобрения рекомендуется вносить под предшествующую культуру (до 40 т/га). После вспашки поля до ухода в зиму не менее 2 раз культивируют с боронами поперек пахоты и под углом к пахоте, уничтожая отрастающие осенью сорняки и выравнивая поле под посев.

Рано весной проводят сплошное боронование зубowymi боронами в 2-4 следа. Через 1,5-2 недели проводят предпосевную культивацию с боронованием на глубину 4-6 см и прикатывание. В зависимости от зоны возделывания корнеплодов поверхность почвы может быть ровной, в форме гряд или гребней. Ровная поверхность необходима в южных засушливых районах. Широкоярусные посевы с междурядьями 60-75 см осуществляют овощными сеялками. Гребневой способ выращивания используется в зонах с достаточным увлажнением. В средней полосе России цикорий высевают во второй половине мая при прогревании почвы до 8...10°C. Более ранний посев может привести к стеблеванию растений. При достаточном увлажнении, всходы появляются через 1-2 недели. Посев совмещают с внесением гранулированных фосфорных удобрений – суперфосфата или сложных комплексных. До появления всходов проводят первую культивацию междурядий. Вторую культивацию проводят при появлении и укоренении всходов. На загущенных посевах применяют прореживание растений после 2-3 культивации междурядий, оставляя на 1 м в ряду 7-10 растений. После прореживания междурядья культивируют с внесением подкормки полным минеральным удобрением в дозе NPK30-40. При недостатке осадков, для предотвращения чрезмерного стеблевания, следует провести полив. В течение вегетационного сезона междурядья культивируют не менее 4-5 раз, а также проводят удаление сорняков в ряду. Посевам цикория существенный вред наносят проволочники, луговой мотылек, озимая совка, клопы и др., из болезней – мучнистая роса и ржавчина. Корнеплоды убирают в конце сентября – начале октября, кочаны – при

достижении ими товарных размеров, характерных для выращиваемых сортов [9-12].

Использование в медицине и пищевой промышленности

В г. Ростов Ярославской области действует кофе-цикорный комбинат «Аронап», специализирующийся на получении растворимых кофейных напитков. Однако сырьем для производства являются высушенные и перемолотые корнеплоды из Индии, поскольку в России в настоящее время цикорий в промышленных масштабах не выращивается.

Из цикория получают такие продукты, как жареный растворимый цикорий, цикорная мука, инулин и олигофруктозаны. Жареные продукты используются в качестве заменителя кофе, так как они не содержат кофеин, при этом обладают кофейным вкусом и ароматом. Цикорная мука и экстракт цикория используются в рецептуре хлебобулочных изделий как дополнительное сырье, обладающее антиоксидантными свойствами [13]. Инулин и олигофруктозаны используют как самостоятельные продукты, а также в хлебобулочных, кондитерских изделиях, в молочной продукции [14]. Корнеплоды цикория, вследствие высокого содержания инулина, а также других углеводов, используются в качестве сырья для производства биомассы бифидобактерий с последующим использованием этих микроорганизмов в соответствующих пищевых производствах [15].

Поскольку цикорий обыкновенный не является фармакопейным лекарственным растением, его применение в медицинской практике ограничивается использованием в составе биологически активных добавок. Так, экстракт корнеплодов используют в составе антидисбиотических средств при проведении кариеспрофилактических мероприятий, а также комплексном лечении дисбиоза в стоматологии [16-19].

В европейских странах использование цикория как лекарственного растения ограничивается его включением в состав травяных чаев (корни и листья) и эликсиров, применяемых для улучшения функций пищеварительной системы, а также как желчегонное средство. Традиционное использование корнеплодов и надземных частей растения в народной медицине этих стран задокументировано во многих источниках и считается обоснованным, исходя из химического состава растения. Однако для установления показаний к терапевтическому применению травы цикория проводилось мало клинических исследований [20].

Применение в народной медицине

В отечественной и зарубежной народной медицине отвар из корнеплодов цикория применяют в качестве желчегонного, диуретического средства, известно применение отвара из корней цикория при лечении сахарного диабета, малокровии, астении, цинге. Наружно отвар применяют при различных заболеваниях кожи. Из надземной части растения готовится настой, который используют в каче-

стве средства, возбуждающего аппетит и нормализующего пищеварительный процесс. Из листьев изготавливают мазь для заживления ран. Настой из побегов обладает желчегонным, противомикробным, антисептическим, вяжущим, мочегонным действиями. Из соцветий цикория обыкновенного делают отвар и настой, которые применяют при лечении глазных инфекций, дерматитах [21-25].

Химический состав

Установлено, что в траве цикория обыкновенного содержатся флавоноиды (апигенин, лютеолин-7- α - β -D-глюкопиранозид, кверцетин-3- α - β -L-рамнозид, кверцетин-3- α - β -D-галактозид, апигенин-7- α -L-арабинозид и др.), оксикоричные кислоты (цикориевая, кофейная, хлорогеновая, неохлорогеновая, 3-ферулоилхинная, 3-п-кумароилхинная и др.), оксикумарины (эскулетин, цикорин, эскулин, скополетин, умбелиферон), три-терпены, а также аскорбиновая кислота, каротин и другие витамины. Окраска цветков цикория обусловлена наличием антоцианов (гликозидов цианидина и дельфинидина) [26-29].

Анализ состава липофильных фракций, полученных из образцов травы и корнеплодов цикория обыкновенного, показал наличие в них веществ различной химической природы: сесквитерпеновых соединений, насыщенных и ненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот, их производных и метиловых эфиров, стерин, а также различных углеводов. Сравнительный анализ показал, что качественный состав жирорастворимых веществ травы цикория более разнообразен по сравнению с составом корнеплодов исследуемого растения как по содержанию сесквитерпеновых соединений (в надземной части установлено 14 соединений, в корнеплодах – 12), так и по содержанию высших жирных спиртов (в надземной части – 13, в корнеплодах – 7) [30].

В надземной части растений цикория установлено высокое содержание калия, фосфора, магния, кальция, кремния, относящихся к эссенциальным элементам. Эти элементы играют важную роль при обеспечении функционирования сердечно-сосудистой системы, в процессах энергетического обмена веществ, контроле уровня холестерина. В траве цикория также обнаружены микроэлементы Mn, Cu, Cr, Zn и Fe [31, 32].

Фармакологическое действие

Изучено влияние водных и спиртовых извлечений из надземной части цикория обыкновенного в различных концентрациях на процессы свободнорадикального окисления в системе активных форм кислорода и перекисного окисления липидов. Выявлена способность исследуемых образцов цикория подавлять генерацию активных форм кислорода и перекисного окисления липидов, что характеризует их антиоксидантные свойства. Также проводились исследования по оценке антиоксидантной активности метанольного экстракта и настойки из травы цикория *in vitro* и *in vivo* для изучения их кардиопротекторных и нефропротекторных свойств [28, 33-36].

Установлена противовирусная активность экстрактов листьев цикория и цикориевой кислоты в отношении вируса герпеса I типа, аденовируса, а также вирус гепатита В [37]. Также отмечено гипотензивное действие этанольного экстракта листьев цикория [38].

Выявлено, что настой и водно-спиртовой экстракт растений цикория обладает желчегонной активностью и снижает выраженность воспалительного процесса при токсическом поражении печени [39-42].

Обнаружено, что водный экстракт из листьев цикория проявляет антибактериальные свойства. При этом отмечено, что при использовании других экстрагентов (метанол, этилацетат, ацетон, этанол, диэтиловый эфир, хлороформ) различается и антибактериальная активность полученных экстрактов в отношении тех же патогенов [43-45]. Помимо этого, отмечена возможность использования экстракта листьев цикория при лечении пародонтита [46], для профилактики остеопороза, вызванного глюкокортикоидами [47], а также включения его в состав средств для гигиены полости рта [48].

Также проводились многочисленные исследования, в результате которых установлено, что экстракты, полученные из травы и семян цикория обыкновенного, обладают противоопухолевыми и антипролиферативными свойствами в отношении различных линий раковых клеток [49-51].

Установлено, что водный экстракт листьев цикория не проявлял токсического действия на уровне острой и субхронической токсичности [52].

Заключение

Как видно из информации, изложенной выше, надземная часть цикория обыкновенного содержит обширный перечень фармакологически значимых соединений, обуславливающих широкий спектр фармакологической активности его извлечений, что позволяет рассматривать ее как потенциальное лекарственное растительное сырье.

Возможными ресурсами для сбора листьев цикория являются дикорастущие популяции, а также сорта корневого цикория, который является технической культурой. В природных условиях цикорий занимает нарушенные местообитания, характеризующиеся низким плодородием почвы и загрязненностью тяжёлыми металлами и другими контаминантами, а также повышенной конкуренцией с другими рудеральными растениями. Тогда как в условиях культуры обеспечиваются наилучшие агроэкологические условия для выращивания растений, ускоряющие их развитие и способствующих накоплению биологически активных веществ в большем количестве, по сравнению с дикорастущими.

В связи с этим нам представляется целесообразным проводить исследования на направлении изучения влияния различных факторов (освещенность, температура, погодные условия, агротехнические мероприятия, сортовые особенности, регуляторы роста) на содержание, качественный состав и динамику накопления биологически активных соединений в листьях культивируемого цикория обыкновенного.

Об авторах:

Полина Олеговна Маврина – м.н.с. отдела химии природных соединений, mavrina@vilarnii.ru

Ольга Леонидовна Сайбель – кандидат фармацевтических наук, зав. отделом химии природных соединений

Елена Львовна Маланикина – доктор с.-х. наук, профессор, гл.н.с. лаборатории Ботанический сад

About the authors:

Polina O. Mavrina – Junior Researcher Department of Chemistry of Natural Compounds, mavrina@vilarnii.ru

Olga L. Saybel – Cand Sci. (Pharmaceuticals), Head. Department of Chemistry of Natural Compounds

Elena L. Malankina – Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher Laboratories Botanical Garden

• Литература / References

1. Das S., Vasudeva N., Sharma S. *Cichorium intybus*: A concise report on its ethnomedicinal, botanical, and phytopharmacological aspects. *Drug Dev. Ther.* 2016;7(1):1-12. DOI:10.4103/2394-6555.180157
2. Barcaccia G., Lucchin M., Lazzarin R., Parrini P. Relationships among radicchio (*Cichorium intybus* L.) types grown in Veneto and diversity between local varieties and selected lines assessed by molecular markers. In: Th.J.L. van Hintum, A. Lebeda, D. Pink, J.W. Schut eds. *Eucarpia Leafy Vegetables*. Centre for Genetic Resources, The Netherlands (CGN). 2003. P.105-110. URL: <https://www.researchgate.net/publication/267371747> (дата обращения: 12.04.2021)
3. Dragan Z., Joze O., Stanislav T. Plant characteristics for distinction of red chicory (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch.) cultivars grown in central Slovenia. *Acta Agric. Slov.* 2004;(83):251-260. URL: <https://www.researchgate.net/publication/290486874> (дата обращения: 12.04.2021).
4. Wang Q., Cui J. Perspectives and utilization technologies of chicory (*Cichorium intybus* L.): A review. *African Journal of Biotechnology*. 2011;10(11):1966-1977. DOI: 10.5897/AJB10.587
5. Kiers A.M. Endive, Chicory and Their Wild Relatives, a Systematic and Phylogenetic Study of *Cichorium* (Asteraceae). Universiteit Leiden: Leiden, The Netherlands, 2000.
6. Barcaccia G., Ghedina A., Lucchin M. Current Advances in Genomics and Breeding of Leaf Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Agriculture*. 2016;6(50). DOI:10.3390/agriculture6040050;
7. Цвелёв Н.Н. Род Цикорий – *Cichorium*. Флора СССР. В 30 т. Начало при руководстве и под главной редакцией акад. В.Л. Комарова; Ред. тома Е.Г. Бобров и Н.Н. Цвелёв. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1964. Т. XXIX. С.14-20. [Tsvelev N.N. [Genus Chicory – *Cichorium*] // Flora USSR. In 30 vol. / Initiated with the guidance and under the main editorship acad. V.L. Komarov. Moscow-Leningrad: USSR Academy of Sciences, 1964. Vol. XXIX. P.14-20. (In Russ.)]
8. Губанов И.А. и др. *Cichorium intybus* L. – Цикорий обыкновенный. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. - М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2004. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). С. 371. [Gubanov I.A. et al. *Cichorium intybus* L. – Common chicory. Illustrated Manual of plants of Middle Russia. In 3 vol. Moscow: Scientific publications partnership KMK, Institute of Technological Research, 2004. Vol. 3. P.371. (In Russ.)]
9. Семенихин И.Д., Семенихин В.И. Лекарственные растения, возделываемые в России. М., 2015. Т. 2. 312 с. [Semenikhin I.D., Semikhin V.I. Medicinal plants cultivated in Russia. Vol. 2. Moscow, 2015. 312 p. (In Russ.)]
10. Шевченко Ю.П., Харченко В.А., Ушакова И.Т., Курбаков Е.Л. Цикорий салатный – витлуф. *Овощи России*. 2016;(2):64-67. DOI: 10.18619/2072-9146-2016-2-64-67 [Shevchenko YU.P., Kharchenko V.A., Ushakova I.T., Kurbakov E.L. [Salad chicory - witloof]. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(2):64-67. (In Russ.) DOI: 10.18619/2072-9146-2016-2-64-67]
11. Pertuzé R., Bravo R., Silva P. Radicchio (*Cichorium intybus* L.) variety selection for the Chilean central area. *Scientia Horticulturae*. 2016;(198):197-206. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.11.031
12. Aly E.F.A., Soha R.A. Khalil Effect of harvest age on growth, yield and quality of two root chicory varieties (*Cichorium intybus* L.) under egyptian condition. *J. Plant Production, Mansoura Univ.* 2017;8(8):887-893. DOI: 10.21608/jpp.2017.40887
13. Белявская И.Г. Антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием нетрадиционных видов сырья. *Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции*. 2018;(3):8-19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyesvoystva-hlebobulochnyh-izdeliy-iz-pshenichnoy-muki-s-ispolzovaniem-netraditsionnyh-vidov-syru> (дата обращения: 12.04.2021) [Belyavskaya I.G. Antioxidant properties of bakery products from wheat flour using non-traditional raw materials. *Theoretical aspects of storage and processing of agricultural products*. 2018;(3):8-19. (In Russ.)]
14. Хайруллина З.А., Канарский А.В., Свиридова Т.В. Исследование углеводного состава продуктов из цикория. *Вестник ВГУИТ*. 2016;(2):230-232. DOI:10.20914/2310-1202-2016-2-230-232 [Khairullina Z.A., Kanarskii A.V., Sviridova T.V. Study of the carbohydrate composition of chicory products. *Bull. VGUIT*. 2016;(2):230-232. (In Russ.) DOI:10.20914/2310-1202-2016-2-230-232]
15. Бадретдинова З.А., Канарский А.В. Влияние углеводов цикория на накопление биомассы *Bifidobacterium bifidum*. *Вестник технологического университета*. 2015;18(13):202-204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-uglevodov-tsikoriya-na-nakoplenie-biomassy-bifidobacterium-bifidum> (дата обращения: 12.04.2021) [Badretdinova Z.A., Kanarskii A.V. Effect of chicory carbohydrates on biomass accumulation of *Bifidobacterium bifidum*. *Technological University Bulletin*. 2015;18(13):202-204. (In Russ.)]
16. Билюшук Л.Н. Динамика изменения показателей минерального обмена в полости рта под влиянием применения кариеспрофилактических комплексов у детей со сниженным минерализующим потенциалом ротовой жидкости. *Инновации в стоматологии*. 2015;(3):70-74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-izmeneniya-pokazateley-mineralnogo-obmena-v-polosti-rta-pod-vliyaniem-primeneniya-kariesprofilakticheskikh-kompleksov-u-detey> (дата обращения: 12.04.2021) [Bilyushchuk L.N. Dynamics of changes in the indicators of mineral metabolism in the oral cavity under the influence of the use of caries-prophylactic complexes in children with a reduced mineralizing potential of the oral fluid. *Innovations in dentistry*. 2015;(3):70-74. (In Russ.)]
17. Денга А.Э., Макаренко О.А. Экспериментальное обоснование применения лечебно-профилактического комплекса сопровождения ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий у детей с начальным кариесом зубов. *Вісник стоматології*. 2013;(2):22-25. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSL_2013_2_8. (12.04.2021) [Den'ga A.E., Makarenko O.A. Experimental substantiation of application of a therapeutic and prophylactic complex for accompanying orthodontic treatment of dental alveolar anomalies in children with initial dental caries. *Bulletin of dentistry*. 2013;(2):22-25. (In Russ.)]
18. Ступак Е.П. Пародонтопротекторное действие антидисбиотических препаратов при экспериментальном дисбиозе у крыс. *Вісник ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія»*. Т.12. Вып.4(40). С.176-179. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parodontoprotektoorno-deystvie-antidisbioticheskogo-gepatoprotektora-pri-eksperimentalnom-steatogepatite> (дата обращения: 12.04.2021) [Stupak E.P. Periodontal protection effect of antidisbiotic drugs in experimental dysbiosis in rats. *Bulletin of VDNZU «Ukrainian Medical Dental Academy»*. Vol. 12. № 4 (40). P. 176-179. (In Russ.)]
19. Скидан К.В. Влияние биологически активных веществ на состояние пародонта у крыс с экспериментальным дисбиозом. *Вісник стоматології*. 2009;(2):2-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-na-sostoyanie-parodonta-u-krys-s-eksperimentalnym-disbiozom> (дата обращения: 12.04.2021) [Skidan K.V. Influence of biologically active substances on the state of the periodontium in rats with experimental dysbiosis. *Bulletin of dentistry*. 2009;(2):2-5. (In Russ.)]
20. Kroes B., Cimino G. Assessment report on *Cichorium intybus* L., radix. European Medicines Agency (EMA). 113041, 2010.
21. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник К.: Наукова думка, 1989. 304 с. [Dudchenko L.G., Koz'yakov A.S., Krivenko V.V. Spicy-aromatic and spicy-flavoring plants: A Handbook. Kiev: Naukova dumka, 1989. - 304 p. (In Russ.)]
22. Al-Snafi A.E. Medical importance of *Cichorium intybus* - A review. *IOSR J. of Pharm.* 2016;6(3):41-56. URL: <https://www.researchgate.net/publication/313742292> (дата обращения: 12.04.2021)
23. Judžentienė A., Budienė J. Volatile constituents from aerial parts and

- roots of *Cichorium intybus* L. (chicory) grown in Lithuania. *Chemija*. 2008;(19):25–28. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228914575> (дата обращения: 12.04.2021)
24. Sezik E., Yesilada E., Honda G., Takaishi Y., Takeda Y., Tanaka T. Traditional medicine in Turkey. Folk medicine in Central Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*. 2001;75(23):95–115. DOI: 10.1016/s0378-8741(00)00399-8
25. Hanlidou E., Karousou R., Klefayanni V., Kokkini S. The herbal market of Thessaloniki (Greece) and its relation to the ethnobotanical tradition. *Journal of Ethnopharmacology*. 2004;91(2-3):281–299. DOI: 10.1016/j.jep.2004.01.007
26. Street R.A., Sidana J., Prinsloo G. *Cichorium intybus*: traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology evidence-based. *J. Complement. Altern. Med.* 2015;(15). DOI: 10.1155/2013/579319
27. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А. Изучение фенольных соединений травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Башкирский химический журнал*. 2016;23(1):53–58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-fenolnyh-soedineniy-travy-tsikoriya-obyknovennogo-cichorium-intybus-l> (дата обращения: 13.04.2021) [Saibel O.L., Dargaeva T.D., Pupykina K.A. Study of phenolic compounds of common chicory herb (*Cichorium intybus* L.). *Bashkir Chemical Journal*. 2016;23(1):53–58. (In Russ.)]
28. Anju Javed G., Javadi R., Ahmed F. Kasni (*Cichorium intybus*): A Unani Hepatoprotective Drug. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 2020;10(4):238–241. DOI: 10.22270/jddt.v10i4.4162
29. Shad M.A., Nawaz H., Rehman T., Ikram N. Determination of some biochemicals, phytochemicals and antioxidant properties of different parts of *Cichorium intybus* L.: a comparative study. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2013;23(4):1060–1066. URL: <https://www.researchgate.net/publication/285962696> (дата обращения: 13.04.2021)
30. Голубкина Н.А., Шевченко Ю.П., Харченко В.А., Кошелева О.В., Солдатенко А.В. Биохимическая характеристика и элементный состав цикория салатного (*Cichorium intybus* L.) сорт Конус. *Овощи России*. 2019;(3):80–86. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-3-80-86 [Golubkina N.A., Shevchenko YU.P., Kharchenko V.A., Kosheleva O.V., Soldatenko A.V. Biochemical characteristic and element composition of *Cichorium intybus*, Konus cultivar. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(3):80–86. (In Russ.)]
31. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Латыпова Г.М., Галкин Е.Г. Изучение липофильных соединений травы и корней цикория обыкновенного *Cichorium intybus* L. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. *Экспериментальные исследования в биологии и медицине*. 2015;5(105):72–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-lipofilnyh-soedineniy-travy-i-korney-tsikoriya-obyknovennogo-cichorium-intybus-l> (дата обращения: 13.04.2021) [Saibel' O.L., Dargaeva T.D., Latypova G.M., Galkin E.G. Study of lipophilic compounds of herb and roots of chicory ordinary *Cichorium intybus* L.]. *Acta Biomedica Scientifica. Experimental research in biology and medicine*. 2015;5(105):72–74. (In Russ.)]
32. Сайбель О.Л., Чупарина Е.В., Мартынов А.М. Изучение элементарного состава травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ), Фармацевтические науки*. 2015;3(12):160–161. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-elementnogo-sostava-travy-tsikoriya-obyknovennogo-cichorium-intybus-l> (дата обращения: 13.04.2021) [Saibel' O.L., Chuparina E.V., Martynov A.M. [Study of the elemental composition of common chicory herb (*Cichorium intybus* L.). *Eurasian Union of Scientists, Pharmaceutical Sciences*. 2015;3(12):160–161. (In Russ.)]
33. Malik B., Pirzadah T.B., Tahir I., Rehman R.U. Chemo-profiling, Antioxidant potential and Ionomic analysis of *Cichorium intybus* L. *Pharmacog J*. 2017;9(6):917–928. DOI: 10.5530/pj.2017.6.144
34. Saeed M., Abd El-Hack M.E., Alagawany M., Arain M.A., Arif M., Mirza M.A., Naveed M., Chao S., Sarwar M., Sayab M., Dhama K. Chicory (*Cichorium intybus*) herb: Chemical composition, pharmacology, nutritional and healthful applications. *Int. J. Pharmacol.* 2017;13(4):351–360. DOI: 10.3923/ijp.2017.351.360
35. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А., Петрова И.В., Фархутдинов Р.Р. Оценка антиоксидантной активности травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. *Экспериментальные исследования в биологии и медицине*. 2017;T.2.2(114):85–88. [Saibel' O.L., Dargaeva T.D., Pupykina K.A., Petrova I.V., Farkhutdinov R.R. Evaluation of the antioxidant activity of the common chicory herb (*Cichorium intybus* L.). *Acta Biomedica Scientifica. Experimental research in biology and medicine*. 2017. Vol. 2. №2(114). P.85–88. (In Russ.)]
36. Epure, A., Pârâu A.E., Vlase, L., Benedec D., Hanganu D., Gheldiu A.-M., Toma V.A., Oniga I. Phytochemical Profile, Antioxidant, Cardioprotective and Nephroprotective Activity of Romanian Chicory Extract. *Plants*. 2021;10(64). DOI: 10.3390/plants10010064
37. Nayeemunnisa A. Alloxan diabetes-induced oxidative stress and impairment of oxidative defense system in rat brain: Neuroprotective effects of *Cichorium intybus*. *Int. J. Diabetes Metab.* 2009;(17):105–109
38. Zhang H.-L., Dai L.-H., Wu Y.-H., Yu X.-P., Zhang Y.-Y., Guan R.-F., Liu T., Zhao J. Evaluation of hepatocyteprotective and anti-hepatitis B virus properties of cichoric acid from *Cichorium intybus* leaves in cell culture. *Biol. Pharm. Bull.* 2014;37(7):1214–1220. DOI: 10.1248/bpb.b14-00137
39. Janda K., Gutowska I., Geszke-Moritz M., Jakubczyk K. The Common Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a Source of Extracts with Health-Promoting Properties – A Review. *Molecules*. 2021;(26):1814. DOI: 10.3390/molecules26061814
40. Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А. Изучение желчегонной и гепатопротекторной активности травы цикория обыкновенного. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015;10.5(59):70–73. [Saibel' O.L., Dargaeva T.D., Pupykina K.A. Study of the choleretic and hepatoprotective activity of the common chicory herb. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2015;10.5(59):70–73. (In Russ.)]
41. Al-Malki A.L., Abo-Golayel M.K. Hepatoprotective efficacy of chicory alone or combined with dandelion leaves against induced liver damage. *Life Sci. J.* 2013;10(4):140–157.
42. Aktay G., Deliorman D., Ergun E., Ergun F., Yesilada E., Cevik C. Hepatoprotective effects of Turkish folk remedies on experimental liver injury. *J. Ethnopharmacol.* 2000;(73):121–129. DOI: 10.1016/s0378-8741(00)00286-5
43. Asadi M., Mohammadi M., Mohammadian B., Shahriari A., Forouzandeh H. The protective effect of *Cichorium intybus* L. hydroalcoholic extract against methotrexate-induced oxidative stress in rats. *Jundishapur J. Nat. Pharm. Prod.* 2018;13(4). DOI: 10.5812/jjnpp.59556
44. Baydaa H.A., Al-Saedi F., Salman A.E. Effects of *Cichorium intybus* methanolic extracts on some clinical bacterial isolates. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2019;10(2). DOI:10.1016/j.fitote.2004.05.001
45. Faiku1 F., Haziri A., Mehmeti I., Bajrami D., Haziri I. Evaluation of antibacterial activity of different solvent extracts of *Cichorium intybus* (L.) growing wild in east part of Kosovo. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2016;26(5):1486–149.
46. Afzal M., Shahid M., Mehmood Z., Bukhari S.A., Talpur M.M.A. Antimicrobial activity and GC-MS profiling of essential oil of *Cichorium intybus*. *Asian Journal of Chemistry*. 2014;26(2):531–536. DOI: 10.14233/ajchem.2014.15667
47. Zare-Javid A., Forouzandeh F., Babaei H., Yousefi-manesh H., Haghighi-zadeh M.H., Ravanbakhsh M., Fayazi F. Impact of consumption of chicory leaf extract in adjunct with non-surgical periodontal therapy on serum antioxidant and lipid status in patients with periodontal disease: preliminary study. *Nutrition and Food Sciences Research*. 2016;3(2):11–20.
48. Hozayen W.G., El-Desouky M.A., Soliman H.A., Ahmed R.R., Khaliefa A.K. Antiosteoporotic effect of *Petroselinum crispum*, *Ocimum basilicum* and *Cichorium intybus* L. in glucocorticoid-induced osteoporosis in rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2016;16(165). DOI: 10.1186/s12906-016-1140-y
49. Shah P., Nishan N., Patel A., Bhat C., Choudhary S., Shah R. Comparative evaluation of antimicrobial properties of chicory extract and chlorhexidine mouthwash against *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus*. *Int. Dent. Med. J. Adv. Res.* 2018;(4):1–4. DOI: 10.15713/ins.idmjar.93
50. Khandaker MD Sharifuddin Imam, Yingying Xie, Yusi Liu, Fengzhong Wang and Fengjiao Xin. Cytotoxicity of *Cichorium intybus* L. metabolites (Review). *Oncology Reports*. 2019;42(6). DOI: 10.3892/or.2019.7336
51. Gehan F. Abdel Raoof, Mostafa E. Abdelfatah Cytotoxic activity, Molecular docking study and Phytochemical investigation on *Cichorium intybus* Herb. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2021;64(2):761–772. DOI: 10.21608/EJCHEM.2020.44299.2896
52. Imam K., Xie Y., Liu Y., Wang F., Xin F. Cytotoxicity of *Cichorium intybus* L. metabolites (Review). *Oncology reports*. 2019;42(6):2196–2212. DOI: 10.3892/or.2019.7336
53. Ilaiyaraja N., Khanum F. Evaluation of antioxidant and toxicological properties of Chicory leaves. *Int. J. Pharm. Biol. Arch.* 2010;1(2):155–163. URL: <https://www.researchgate.net/publication/277769075>.

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-111-123>
УДК 635.74

В.Н. Прохоров

Институт экспериментальной ботаники им.
В.Ф. Купревича НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Прохоров В.Н. Нигелла –
ценная хозяйственно-полезная культура
(обзор литературы). *Овощи России*.
2021;(4):111-123.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-111-123>

Поступила в редакцию: 14.06.2021

Принята к печати: 25.07.2021

Опубликована: 25.08.2021

Valery N. Prokhorov

Federal State Scientific Institution “V.F.
Kuprevich Institute of experimental botany
National academy of Science of Belarus”
Minsk, Belarus

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

For citations: Prokhorov V.N. Nigella is a valuable
economically useful crop (literature review).
Vegetable crops of Russia. 2021;(4):111-123. (In
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-111-123>

Received: 14.06.2021

Accepted for publication: 25.07.2021

Accepted: 25.08.2021

Нигелла – ценная хозяйственно- полезная культура (обзор литературы)



Резюме

Важнейшей задачей устойчивого развития современного сельского хозяйства является увеличение биологического разнообразия возделываемых культур. В последние годы в связи с глобальным изменением климата расширились возможности использования более теплолюбивых культур в новых агроэкологических зонах. Проблема увеличения биологического разнообразия овощной продукции во многом зависит от интродукции нетрадиционных видов растений, с одновременной оценкой исходного материала для его использования в хозяйственно-полезных целях и создания адаптированных к местным условиям сортов и гибридов. В этом плане большой интерес среди малораспространенных видов растений представляет нигелла (*Nigella* L.). Это одна из самых известных пряно-ароматических культур в странах Средиземноморья и Средней Азии, обладающей широким спектром биологически активных соединений и уникальными лекарственными свойствами. В обзорной статье приведены сведения о происхождении, биологических особенностях и селекции культуры. Дан краткий обзор пищевых, лекарственных и других хозяйственно-полезных свойств, а также рассмотрены основные элементы технологии выращивания нигеллы. Показано, что возделывание этой культуры предоставит возможность расширить ассортимент нетрадиционных растений и быть перспективным возобновляемым источником ценного растительного сырья, который найдет применение в различных областях: в сельском хозяйстве, в пищевой, фармацевтической, парфюмерной и косметологической промышленности, а также в декоративном садоводстве.

Ключевые слова: нигелла посевная, нигелла дамасская, химический состав, фармакологические свойства, биология развития, возделывание, селекция

Nigella is a valuable economically useful crop (literature review)

Abstract

The most important task for the sustainable development of modern agriculture is to increase the biological diversity of cultivated crops. In recent years, due to global climate change, the possibilities of using more thermophilic crops in new agro-ecological zones have expanded. The problem of increasing the biological diversity of vegetable products largely depends on the introduction of non-traditional plant species, with a simultaneous assessment of the initial material for its use in economically useful purposes and the creation of varieties and hybrids adapted to local conditions. In this regard, *Nigella* L. is of great interest among rare plant species. It is one of the most famous spicy-aromatic crops in the Mediterranean and Central Asia, possessing a wide range of biologically active compounds and unique medicinal properties. The review article provides information on the origin, biological characteristics and breeding of the culture. A brief review of food, medicinal and other economically useful properties is given, as well as the main elements of the technology for growing *nigella* are considered. It is shown that the cultivation of this culture will provide an opportunity to expand the range of non-traditional plants and be a promising renewable source of valuable plant raw materials, which will find application in various fields: in agriculture, in the food, pharmaceutical, perfumery and cosmetic industries, as well as in ornamental gardening.

Keywords: *Nigella damascena* L., *Nigella sativa* L., chemical composition, pharmacological properties, developmental biology, cultivation, selection

Введение

Важнейшей задачей устойчивого развития современного сельского хозяйства является увеличение биологического разнообразия возделываемых культур. На проведенной в 2019 году в Риме семнадцатой очередной сессии комиссии ФАО по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства генеральный директор ФАО Жозе Грациану да Силва особо подчеркнул «Биоразнообразие имеет решающее значение для обеспечения глобальной продовольственной безопасности, поддержания здорового и полноценного питания, улучшения условий жизни в сельских районах и повышения устойчивости людей и сообществ. Нам необходимо использовать биоразнообразие устойчивым образом, чтобы мы могли лучше реагировать на растущие проблемы изменения климата и производить продукты питания таким образом, чтобы не наносить вред окружающей среде». В настоящее время из примерно 6000 видов растений, выращиваемых в пищу, менее 200 вносят существенный вклад в производство продовольствия в мире, и только на девять (сахарный тростник, кукуруза, рис, пшеница, картофель, соевые бобы, плоды масличных пальм, сахарная свекла и маниока) приходится 66 процентов от общего производства сельскохозяйственных культур, из которых 3 вида (пшеница, рис и кукуруза) обеспечивают 48% среднесуточных потребляемых калорий [1].

В последнее время значительно ускорилось глобальное изменение климата, что открыло перед человечеством возможность увеличения биологического разнообразия возделываемых сельскохозяйственных культур, путем интродукции теплолюбивых культур в более северных широтах. Среди большого спектра перспективных новых и малораспространенных культур важное место занимает нигелла (чернушка, черный тмин), родиной которой является Средиземноморье. Это широко известное в южных странах с библейских времен лекарственное пряно-ароматическое растение, которое характеризуется не только высоким содержанием биологически активных соединений, но и способностью выводить из организма человека радионуклиды и соли тяжелых металлов [2]. В настоящее время ее уникальные полезные для человека свойства широко изучаются во всем мире [3].

Распространение и история применения

Род Чернушка (*Nigella*) принадлежит к семейству лютиковых (*Ranunculaceae*), в который входит около 25 видов, распространенных в Западной Европе, Северной Африке и Западной Азии. 10-11 видов встречаются на территории России и сопредельных стран. На Украине произрастает около 10 видов в степях, на сорных местах, в посевах. В Беларуси как заносное, изредка встречается нигелла полевая (*Nigella arvensis* L.) [4].

В мировой практике находят использование в основном растения четырех видов: *Nigella damascena* L. (чернушка дамасская) – растет в Европейской части и на Кавказе и возделывается в небольших количествах (рис. 1А), *N. sativa* L. (ч. посевная) – в настоящее время наиболее распространена благодаря широкому культивированию в разных странах (рис. 1Б), *N. indica* (чернушка индийская) – произрастают в Индии, Афганистане, Пакистане и *N. grandulifera* (чернушка железистая) – встречается в Туркменистане и в западных районах Китая. Наибольшее практическое применение получили чернушка посевная и чернушка дамасская, которым посвящена эта обзорная статья.

Одна из самых известных и популярных восточных пряностей чернушка имеет много других названий, среди которых – «калинджи», «калонги», «индийский тмин», «кумин», «римский кориандр», «джира», «кмин», «седана», «шабрей», «кецах», «девица в зелени», «волосы Венеры», «простоволосая невеста», «дьявол в кустах», «луковое семя», «мускатный цветок», «черный сезам» [5]. Название черный тмин нигелле дали португальские и турецкие купцы, а изначально эту культуру называли зира [6-9]. В мусульманских странах ее также чаще называют черным тмином или черными семенами. В России растения нигеллы называют чернушкой. Во многих англоязычных странах различные виды чернушек называют Love-in-mist, что в буквальном переводе означает «любовь в тумане». В англоязычных научных источниках ее называют **Black Seed**.

История применения масла черного тмина в народной медицине стран Азии, Африки, Средиземноморья и Ближнего Востока насчитывает более 3000 лет. Небольшие сосуды с маслом чернушки посевной были обнаружены в гробнице египетского фараона



Рис. 1. Цветки нигеллы дамасской (А) и нигеллы посевной (Б)
Fig. 1. Flowers of *Nigella damascena* (A) and *Nigella sativa* (B)

Тутанхамона. Входила в ассортимент лекарственных трав в монастырских садах средневековой Европы. Так по приказу короля франков, первого императора Священной Римской империи Карла Великого (768-814 годы), а позднее короля Франции Людовика IX Святого (1226-1270 годы) монахи в монастырских садах и крестьяне в Европе должны были на своих участках выращивать "черный тмин" как ценное лекарственное и пряное растение. Рескрипт (812 год) Карла Великого содержал список около шестидесяти названий лекарственных и декоративных растений. Этот список переписывался и рассылался затем по монастырям всей Европы, что способствовало ее распространению. В исламе упоминается в Коране, а семена нигеллы рассматриваются как одна из величайших форм лечения лекарствами. В мусульманской религии нигелла считается растением Пророка Мухаммеда, который назвал её «средством от всех болезней» – и сказал: «Использовать черный тмин без сомнения, это лекарство от всех болезней кроме смерти» [10-11]. Упоминается в медицинских трактатах Гиппократ, Диоскорида, Авиценны и других знаменитых ученых древних веков. Очень распространенное растение среди всех древних лекарственных систем, таких как аравийская, китайская, унани, аюрведа, сидха и тибб. Древние травники считали его «травой с небес» [12]. О использовании чернушки в кухне и медицине писал средневековый персидский ученый Аль-Бируни. Знаменитый персидский ученый и врач Авиценна (Ибн-Сина) в своем трактате «Канон врачебной науки» писал, что «Чернушка стимулирует энергию силы и помогает сохранять здоровье» [13].

Нигелла посевная широко возделывается в основном в южном полушарии. Основные районы возделывания: Индия, Китай, Саудовская Аравия, Турция, Иран, Ирак, Пакистан, Египет, Тунис, Нигер, Марокко, Судан, Эфиопия, Средняя Азия, Кавказ и Закавказье, Испания, США [14] (табл. 1). В России в большом количестве возделывается в южных районах (Дагестане и Ставропольском крае). Основная часть продукции в виде семян черного тмина и масла поступает из Индии и Египта.

Таблица 1. Основные страны возделывания нигеллы посевной по континентам
Table 1. Main countries of cultivation of *Nigella sativa* by continents

Континенты, части света	Страны
Европа	Германия, Испания, Молдова, Польша, Россия, Украина, Франция
Азия	Азербайджан, Армения, Афганистан, Бангладеш, Индия*, Ирак, Иран, Иордания, Казахстан, Китай, Ливан, Малайзия, Непал, Пакистан, Саудовская Аравия, Сирия, Таджикистан, Турция, Узбекистан, Шри-Ланка
Африка	Египет*, Ливия, Судан, Тунис, Эфиопия,
Северная Америка	США

* – основные экспортеры семян нигеллы посевной мира

Основной экспортер семян нигеллы на мировом рынке – Индия, где выращивается на площади около 9000 га, при производстве 7000-8000 тонн [15]. В странах Средиземноморья нигелла рассматривается как высокорентабельная культура в органическом земледелии [16]. В США завезена колонистами в 1600-х годах. Культивируют, главным образом, для получения семян, которые впоследствии используются для получения растительного масла. Находит применение в качестве эфиромасличного, пряно-ароматического и лекарственного растительного сырья в пищевой (хлебобулочной, кондитерской, мясной, рыбной), парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности, а также в сельском хозяйстве (в виде кормовых добавок в животноводстве, птицеводстве и рыбноводстве, а также в ветеринарии) и декоративном садоводстве [17-18]. Медонос [19].

Применение в кулинарии

Кулинарное применение семян довольно разнообразно, особенно это характерно для индийской кухни. Используется для приготовления традиционного индийского соуса чатни. Придает пикантность и остроту мясным или рыбным блюдам, улучшает вкус чечевицы и овощных. Семена добавляют в хлеб и выпечку, ароматизируют желе, муссы и мороженое. В Индии семена для улучшения аромата и вкуса часто обжаривают в горчичном масле. В арабской кухне семена широко используются для консервирования, а также в блюдах из мяса, рыбы, птицы. На Среднем Востоке (особенно в Турции) применяют при выпечке хлеба и лепешек, посыпая их семенами, как маковым семенем. В Киргизии чернушкой ароматизируют лепешки и чай, в Узбекистане – холодный суп с молозивом. В европейской кухне семена нигеллы используются, прежде всего, в хлебобулочных и кондитерских изделиях, а также в компотах, киселях, желе [13, 20]. В США масло нигеллы посевной добавляют к американской шоколадной выпечке – брауни [21]. В Индии добавляют вместе с пажитником в чатни (хлеб из пшеничной муки) для снижения избыточного веса [22]. В Сардинии (Италия) считают, что это растение придает особый вкус сардине – рыбе, от которой пошло название их родного острова. В России ее семена как заменитель черного перца использовали при квашении капусты, солении огурцов и арбузов, а также добавляли в выпечку для ароматизации сдобных булочек, хлебцев, кренделей и др. Листья в течение всего вегетационного периода можно употреблять в пищу, добавлять в различные салаты с базиликом, петрушкой, кориандром, укропом. Жирное масло из семян нигеллы является наиболее ценным продуктом комплексной переработки и представляет наибольший интерес для использования в масложировой пищевой промышленности [23]. Жмых из семян нигеллы посевной получают путем холодного отжима масла из семян без использования растворителей, благодаря чему в нем остается много масла (до 10-15%) [10]. В гранулированном шроте содержится 21,3% сырого жира с коэффициентом перевариваемости 88, БЭВ – 30,9, переваримого протеина – 135,7 г/кг [24].

Учеными из Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И.Вавилова была разрабо-

тана технология производства халяльного паштета из печени индейки методом обогащения маслом нигеллы. Продукт может быть рекомендован для употребления в пищу подросткам, беременным женщинам, людям, страдающим заболеваниями сердечно-сосудистой системы и пожилого возраста [25]. Известная швейцарская компания *Nestlé* оформила патент на использование чернушки в экологически чистых продуктах бренда детского питания *NaturNes* для улучшения усвояемости и снижения частоты аллергических пищевых реакций [26]. Выпускаются микрокапсулы, содержащие экстракт нигеллы посевной, которые используются в качестве профилактического антиоксиданта [27].

Семена чернушки посевной обладают сильным пряно-перечным ароматом. Чернушка дамасская отличается сильным ароматом земляники, но в пищевой промышленности ее семена не используют из-за горечи [28-29]. Семена растирают только перед употреблением, в противном случае очень быстро пропадает их аромат. Масло чёрного тмина (*Black seed oil*) представляет собой маслянистую жидкость светло-жёлтого цвета с острым пряным запахом, с кислотным числом 1,5, числом омыления 151, эфирным числом 150, йодным числом 84 [30].

Применение в медицине и химический состав

Химический состав

Химический состав семян чернушки в зависимости от места произрастания и условий возделывания изменяется в широких пределах и наиболее полно изучался в странах арабского мира (по результатам исследований в более 50 научно-исследовательских центрах опубликовано свыше 200 научных публикаций). На территории СНГ такие исследования наиболее развиты в Дагестане, Ставрополье, Крыму и Беларуси. Установлено, многочисленные фармакологические эффекты нигеллы находятся в тесной корреляции с большим разнообразием в семенах нигеллы биологически активных соединений (более 100 соединений) [31-32]. В состав семян нигеллы посевной входят жиры (до 53%), белки (16-28,3%), углеводы (24,9-33,9%), эфирные масла (до 1,4-1,9%) [13, 33] и другие классы соединений.

Жирное масло, получаемое методом холодного прессования, состоит преимущественно из ненасыщенных жирных кислот (до 85% и более): в основном линолевой *омега-6* (50-60%), олеиновой *омега-9* (до 24%), эйкозадиеновой *омега-6* (3%), арахидоновой *омега-6* [13, 18, 34]. На долю линолевой и олеиновой кислот приходится 77,0-80,0% от суммарного содержания жирных кислот у нигеллы дамасской и 80-81,2 у нигеллы посевной [17]. Насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая (14,7%), стеариновая, миристиновая кислоты) составляют менее 30% [35]. Содержание в образцах из Саудовской Аравии и Эфиопии пальмитиновой, олеиновой и линолевой кислот в *N. sativa* составляло от 11,4% (Саудовская Аравия) до 13,0% (Эфиопия), от 22,4% (Эфиопия) до 23,3% (Саудовская Аравия) и от 56,2% (Эфиопия) до 56,8% (Турция) соответственно [36].

Содержащиеся в масле черного тмина незаменимые *Омега-6* и *Омега-9* жирные кислоты способствуют улуч-

шению работы сердечно-сосудистой, нервной и пищеварительной систем, восстановлению нормального гормонального баланса и нормализации липидного обмена, препятствуют развитию воспалительных процессов, а также благотворно воздействуют на кожу, играют важную роль в укреплении иммунитета и очищении организма человека от всевозможных вредных веществ

Эфирное масло содержит: *p*-цимен (7-41,8%), тимохинон (10,3-57%), тимогидрохинон, дитимохинон, этиллинолеат (9,4%), *a*-пинен (9,3%), *a*-туйен 5,6-13,9%), этиллолеат (2,7%), β -пинен (2,2-2,96%), лимонен (1,6-2,11%), карвакрол (2,85-12%), камфен (0,06%), лонгифолен (1-8%), 4-терпинеол (2-7%), *t*-анетол (0,25-4%), сабинен (1,18-1,50%), 4,5-эпокси-1-изопропил-4-метил-1-циклогексен (1,80%), 4-терпинеол (1,22%) и др. [13, 37].

У нигеллы посевной, выращенной в условиях Могилевской области Республики Беларусь идентифицировано около 30 летучих компонентов основными компонентами были: -туйен, *o*-цимен, β -оцимен, -пинен, -терпинен, терпинолен, *o*цимен. Установлено преобладание летучих соединений – *o*-цимена и -туйена в семенах нигеллы посевной, которые создают смолисто-камфорный и древесный аромат семян. Основными компонентами летучих соединений нигеллы дамасской, которые придают ей земляничный аромат являются ароматические углеводороды, сесквитерпены, дитерпены. Среди них: 1Н-циклопроп[е]азулен, 8-изопропенил-1,5-диметил-циклодека-1,5-диен, изолонгифолен-5-ол, *o*-цимен, 1,3,6,10-циклотетрадекатетраен, ди-эпи- α цедрен (1), каур-15-ен, фенантрен. В изученных образцах нигеллы дамасской, выращенной в условиях Беларуси преобладает 1Н-циклопроп[е]азулена [17].

В семенах содержатся (мг/кг) рутин – 218-292, хлорогеновая кислота – 16-82, кофейная кислота – 168-196, галловая кислота – 10-37, протокатеховая – 34-49. Сумма фенольных соединений составляет 488-605 мг/кг. Также содержатся органические кислоты мг/кг: яблочная – 0,389-0,778, янтарная – 0,039-0,058, лимонная – 0,078-0,098, молочная – 0,114-0,161, аскорбиновая – 51,0-55,0, оротовая – 6,8-11,1. Сумма органических кислот составляет 61,82-63,78 мг/кг [18, 38]. В образцах семян чернушки посевной выращенных в России больше кофейной и галловой кислот, а в образцах из Индии и Сирии рутина, хлорогеновой и протокатеховой кислот [18].

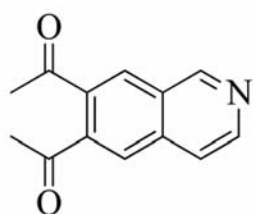
Содержание свободных аминокислот (г/кг): аргинин – 0,8-6,4, лизин – 0,7-0,8, тирозин – 0,002-0,87, гистидин – 0,03-0,4, лейцин – 1,7, метионин – 5,9-6,8, валин – 14,32-19,42, пролин – 22,4-29,1, треонин – 7,4-12,0, серин – 10,1-17,1, *a*-аланин – 9,0-14,1, глицин – 15,89-30,89, триптофан – 0-0,245. Сумма свободных аминокислот – 100,2-145,1 г/кг. Содержание гидролизруемых аминокислот (г/кг): аспарагиновая – 5,5-13,8, глутаминовая – 7,0-12,6, цистеин – 0,015-0,198. Сумма гидролизруемых аминокислот – 17,8-20,9 г/кг [38].

По данным ученых Кубанского государственного медицинского университета Минздрава России, в состав семян чернушки посевной из различных регионов мира (Краснодарский край и Республика Адыгея Российской Федерации, Индия, Сирия) входят макро-

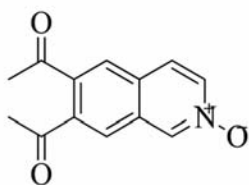
элементы (натрий, калий, магний и кальций) и микро-элементы (медь, цинк, железо и марганец). Содержание макро- и микроэлементов (мг/кг): К – 2736-4621, Na – 284-467, Mg – 303-948, Ca – 876-1714, Cu – 30-94, Zn – 180-776, Fe – 11-150, Mn – 10-17. В образцах семян, выращенных в России, значительно больше магния, кальция и марганца, а в образцах из Индии и Сирии – калия, натрия, меди, цинка и железа [18].

В семенах обнаружены витамины (витамин А, тиамин, рибофлавин, пиридоксин, ниацин, фолиевая и аскорбиновая кислоты).

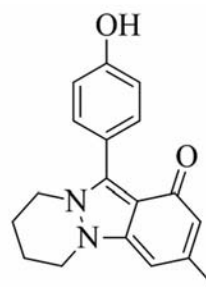
Семена содержат два разных типа алкалоидов; т.е. изохинолиновые алкалоиды, например, нигеллицимин и нигеллицимин-N-оксид и пиразоловые алкалоиды или индазольные кольцевые алкалоиды, которые включают нигеллидин и нигеллицин. Кроме того, семена нигеллы посевной также содержат альфа-гедерин, водорастворимый пентациклический тритерпен и сапонин [39-40].



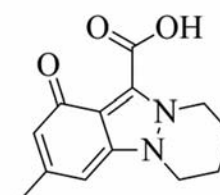
Nigelllicimine



Nigelllicimine-N-oxide



Nigellidine



Nigellicine

Рис.2. Структурные формулы изохинолиновых и пиразоловых алкалоидов
Fig. 2. Structural formulas of isoquinoline and pyrazole alkaloids

Корни и побеги содержат ванильную кислоту [39]. В листьях нигеллы посевной находится до 0,43% аскорбиновой кислоты [41].

Установлено, что **большинство терапевтических свойств** растения обусловлены наличием **timoquinone** [42].

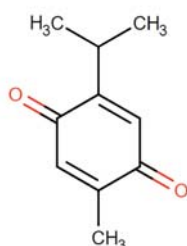


Рис.3. Структурная формула тимохинона
Fig. 3. Structural formula of thymoquinone

Применение в медицине

Основные фармакологические исследования проведены в известных научно-исследовательских центрах Египта, Турции, Саудовской Аравии, Ирана, Пакистана, Индии, Израиля, США, которые подтвердили уникальные целебные свойства нигеллы. Установлено, что семена и получаемое из них масло обладают многочисленными фармакологическими свойствами, среди которых: анальгетическое, антиатеросклеротическое, антигиперлипидемическое, антигрибковое, антидепрессантное, антидиабетическое, антиоксидантное, болеутоляющее, бронхолити-

ческое, гастропротекторное, гепатопротекторное, гипотензивное, глистогонное, желчегонное, иммуномодулирующее, кровоостанавливающее, легочно-защитное, мочегонное, нейропротекторное, нефропротективное, обезболивающее, противоаллергическое, противоастматическое, противовоспалительное, противогельминтное, противоопухолевое, репаративное, слабительное, спазмолитическое, тонизирующее [45, 43-45].

Масло черного тмина является источником эфирных масел и полиненасыщенных жирных кислот, которые в организме оказывают следующее действие: защищают клетки от повреждений, улучшают метаболизм клеток мозга, оказывает стимулирующее воздействие на костный мозг, нормализуют вязкость крови и другие ее показатели.

Препараты нигеллы эффективны при лечении опиоидной и никотиновой зависимости [45].

Превосходит по эффективности другие растительные средства при лечении аутоиммунных заболеваний, установлен мощный положительный эффект порошка *Nigella sativa* в улучшение состояния щитовидной железы, стимулирует выработку природного интерферона [46].

Выводит из организма человека радионуклиды, соли тяжелых металлов и различные токсины [2], стимулирует тимус и укрепляет иммунитет. Стимулирует лактацию у кормящих матерей.

Нигелла посевная эффективна для профилактики и лечения почечных заболеваний, включая почечнокаменную болезнь и повреждения почек (масло защищает ткань почек от влияния свободных радикалов кислорода, предотвращая нарушения функции почек и их морфологические отклонения) [47]. Положительно влияет на деятельность печеночных ферментов. Эффективна при лечении гепатита С.

Имеет мощный антигистаминный эффект, эффективно при лечении аллергии на пыльцу и пыль и различных аллергических заболеваний (бронхиальная астма, нейродермит), а также пищевых аллергических реакций. Расширяет просвет бронхов;

Снижает риск атеросклероза путем уменьшения уровня липопротеидов низкой плотности и повышения липопротеидов высокой плотности. Эффективно при гипертензии.

Оказывает лечебное и защитное действие при сахарном диабете, уменьшая морфологические изменения и сохранения целостности поджелудочной железы, [45, 48]. Нормализует уровень сахара в крови паци-

ентов преклонного возраста [49-50]. В Индонезии) для лечения диабетических язв используют гель *Nigella sativa* oil (NSO) [51].

Обладает защитными эффектами против нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, рассеянный склероз, а также при черепно-мозговых травмах [52-53]. Антikonвульсант, антидепрессант, анксиолитик, антиишемик, анальгетик, антипсихотик и усилитель памяти.

Эффективна при раке крови, молочной железы, толстой кишки, поджелудочной железы, печени, почек, легких, кожи, простаты, шейки матки, фибросаркоме. Содержание жизненно важных Т-лимфоцитов, Т-киллеров и клеток, отвечающих за усиление и укрепление защитных сил организма, при употреблении семян и масла нигеллы увеличивается в несколько раз [54-55]. Предотвращает побочные действия химических препаратов при лечении онкологических заболеваний. Ученые Раково-Иммунной Биологической лаборатории Южной Калифорнии (США) официально подтвердили, что масло нигеллы является эффективным средством лечения и предотвращения развития раковых опухолей [56].

Оказывает эффективное действие при акантамебном кератите, разрушительной болезненной инфекции роговицы глаз, которая может привести к потере зрения. Болезнь особенно часто встречается при ношении контактных линз [57].

Наружное применение масла проявляет антибактериальное, микосептическое, противовирусное, противовоспалительное, тонизирующее действие на кожу. Жирное масло *Nigella damascena* стимулирует репаративную регенерацию кожи при ее термическом повреждении и по эффективности действия превосходит облепиховое масло [58]. Улучшает питание волос, предотвращая появление преждевременной седины и выпадение волос.

Эффективно действует против устойчивых к действию препаратов микроорганизмов. По силе антибактериального действия превосходит ампициллин, гентамицин, тетрациклин, котримоксазол, налидиксовая кислота [38] и, следовательно, может использоваться в качестве антибиотика. Исследования, проведенные в Малайзии, показали, что масло чернушки посевной является мощным ингибитором метициллин-резистентного золотистого стафилококка (MRSA) который является сильным патогеном, вызывающим заболевания во всем мире [59]. Семена чернушки могут быть многообещающим ингибитором с повышенной активностью против бактерии из рода *Serratia marcescens*, опасных возбудителей диарейных заболеваний, инфекций мочевыводящих путей, менингита, артрита, сепсиса [60]. Эфирное масло нигеллы дамасской эффективно против палочки Коха (*Mycobacterium tuberculosis*) [61]. Экстракты из растений нигеллы посевной могут быть использованы в качестве антималярийного средства [62]. Особый интерес вызывают последние исследования ряда ученых [63-64], показывающих большую перспективность нигеллы посевной в профилактике и лечении COVID-19, что еще раз подтверждает уникальность этого растения.

По результатам исследований E.Balikci, значительный положительный антидерматофитный и антиокси-

дантный эффект наблюдался при использовании масла нигеллы посевной в ветеринарии при лечении дерматофитоза (*Trichophyton verrucosum*) у крупного рогатого скота [65]. Экстракты нигеллы посевной улучшают продуктивность и уменьшают колонизацию энтеропатогенов у домашней птицы, мелких жвачных животных и свиней [66]. Препарат «иммулант» на основе эхинацеи и *Nigella sativa* усиливает в течение шести недель иммунный ответ и снижает патогенность птичьего вируса AIV-H9N2 у подвергшихся стрессу цыплят [67].

Семена чернушки имеют огромное значение при производстве различных лекарственных препаратов [68]. Препараты на основе чернушки и масло малотоксичны, и в малых дозах побочных свойств не наблюдается [45]. В настоящее время семена чернушки посевной используются в странах Ближнего Востока, а также во Франции, Германии, Италии, Великобритании, США в качестве сырья для получения лекарственных препаратов. Из семян чернушки дамасской получают ферментный препарат нигедазу, используемый при лечении болезней органов пищеварения (панкреатит, холецистопанкреатит, хронический гастрит, энтероколит и др.).

Применение в других областях

Отходы, образующиеся после переработки семян нигеллы посевной - экологически чистый и недорогой сорбент для сорбции свинца, кобальта, меди и никеля из сточных вод [69-70]. Отмечается большая перспективность использования экстрактов из чернушки в нанобиотехнологии [71-72]. В настоящее время разработаны технологии очистки воды с использованием наногибридного композита $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ /BC, полученного путем включения бинарного оксида железа и олова в целлюлозный каркас порошка из семян нигеллы посевной [73]. Благодаря своим уникальным физико-химическим характеристикам, антибактериальные свойства композитов на основе биопленки из нигеллы посевной являются перспективным экологичным и высококачественным материалом для очистки воды [74]. Обезжиренные отходы жмыха, полученные из семян нигеллы посевной перспективны для получения биоразлагаемой пленки для упаковки пищевых продуктов и листов для мульчирования [75]. Семена и масло чернушки снижают токсичное действие алюминия на организм человека [76].

Добавление семян нигеллы посевной как пищевой добавки в корм кур-несушек (10-15 г/сутки) снижает содержание холестерина в куриных яйцах [77-78].

Семена и масло нигеллы в качестве иммуномодулятора растительного происхождения применяются в рыбоводстве Турции и Бангладеш для повышения выживаемости и жизнестойкости обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*), радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) и других видов рыб [79]. В Индии добавление в корм радужной форели черного тмина способствует сохранению качества рыбной продукции при хранении [80].

Семена нигеллы обладают инсектицидными свойствами, а содержащиеся в них линолевая и олеиновая кислоты имеют отпугивающий насекомых запах, что позволяет рассматривать этот вид как перспективный в создании экологически чистых репеллентов нового

поколения. Масло и экстракт в Иране используются в качестве альтернативных экологически безопасных заменителей сильнодействующих фунгицидов при хранении яблок, снижая поражение гнилями в течение 6 месяцев [81].

Чернушку дамасскую применяют в декоративном садоводстве при создании мавританских газонов, на переднем плане миксбордеров, бордюрах, рабатках, вазонах. Цветы после срезки долго сохраняют свежий вид в вазах с водой. В культуре с 1542 г., выращивают в основном махровые сорта [82]. Существует большое количество сортов, с разнообразной цветовой гаммой: белого, малинового, синего, голубого цветов.

Ботаническое описание, биологические особенности, селекция

Нигелла относится к семейству лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.) – это однолетнее травянистое растение светло-зеленого цвета с прямым ветвистым стеблем, высотой 20-80 см. Корневая система стержневая. Листья очередные, у нигеллы посевной длиной 2-3 см, у нигеллы дамасской 6-10 см, дважды-трижды перисторассечённые на короткие, линейные, расходящиеся доли. Цветки правильные, одиночные, у нигеллы посевной белого цвета, выделяются зеленоватым или голубоватым рисунком на концах чашелистиков. Лепестки-нектарники короче чашелистиков. У нигеллы дамасской верхние листья собраны под цветком, образуя покрывало, в 2-3 раза превышающее цветок. Цветки крупные, диаметром до 4 см, синего, голубого, розового или белого цвета. Гинецей гемисинкарпный, состоящий из трёх до восьми плодолистиков, сросшихся почти на всю длину вздутых завязей, с длинными стилодиями. Формула цветка нигеллы: $*Ca_5Co_{5-8}A_{\infty}G_{2-10}$ [14, 83-85].

Характерными типами опыления для нигеллы являются в равной степени, как ксеногамия, так и автогамия [86]. Способами опыления нигеллы являются энтомофилия (опыление насекомыми) и автофилия (спонтанное опыление) [87-89]. Проведенный Л.А. Амировой и З.М. Асадулаевым анализ семенной продуктивности растений *N. sativa* L. показал, что самоопыление является дополнительным способом, поддерживающим общую семенную продуктивность на определенном уровне, доля которого уменьшается в благоприятных условиях. В критических условиях (в горах на высоте 1950 м) единственным способом, обеспечивающим образование семян, остается перекрестное опыление, где низкая самофертильность особей обусловлена высокой чувствительностью генеративных органов в условиях высокогорья на интенсивное освещение и низкие ночные температуры [90].

Цветение наступает через 50-60 дней после посева и начинается с верхнего терминального цветка главного стебля и характеризуется растянутостью периода, так на одной особи могут быть цветки, находящиеся на разных стадиях: бутонизации, цветения, образования плодов. Один цветок цветет в среднем 9-10 дней, растение 20-25 дней [82]. Плоды созревают в августе – октябре, в зависимости от зоны возделывания [84]. Продолжительность плодоношения 45-50 дней. Всхожесть семян в течение первого года 98-99%, но уже после двух лет хранения она снижается до 17% и остается на этом уровне 5-7 лет [87].

Факторы, влияющие на реализацию семязачатков в семена, разнообразны. Это могут быть морфологические особенности – положение семязачатков в завязи; генетические; физиологические – недостаток ресурсов для развития всех заложившихся семязачатков, блокирование транспорта веществ в семязачатки; антропологические – низкое качество пыльцы, ее недостаток, конкурентное развитие пыльниковых трубок, отсутствие опылителей, низкий уровень соотношения числа пыльниковых зерен и семязачатков; неблагоприятные метеорологические и эдафические условия произрастания [89].

Потенциальная семенная продуктивность растения складывается из нескольких элементов. В первую очередь она зависит от числа цветков на растении, которая у чернушки посевной колеблется от 15 до 40, и составляют в среднем 22-23 цветка на растение. Среднее число плодолистиков – 5, семязачатков от 9,5 до 9,8 штук. Среднее число семязачатков на растении 1053-1092. Реальная семенная продуктивность одного растения составляет 1,87-1,96 г [88]. Максимальная продуктивность в опытах, проведенных А.Л.Исаковой составила 6,2 г с одного растения [17]. Хорошо развитое растение образует до 200 и более семян [84]. Масса 1000 семян в среднем – 2,6-2,8 г (максимальная – 3,6 г и более) [91-92].

Исследования, проведенные в БГСХА А.Л. Исаковой, показали, что процент плодообразования у двух видов нигеллы (посевной и дамасской) в среднем равен 99,6 %. Коэффициент семенной продуктивности (уровень реализации семязачатков в семена) в среднем составил 83,3 % у образцов нигеллы дамасской и 82,9 % у образцов нигеллы посевной. Наибольшая потенциальная и фактическая продуктивность одного растения составила у образцов нигеллы дамасской – 2037,9 и 1715,6 шт. семян соответственно, а из образцов нигеллы посевной 3056,6 и 2613,0 шт. семян [17]. Размножается семенами.

Плод нигеллы – многолистовка, состоящая из трёх-семи листовок, каждая из которых содержит многочисленные семена. Семена чернушки посевной и дамасской яйцевидной формы, сплюснутые, трех-, реже четырехгранные, заостренные с одной стороны. Поверхность семян голая, слегка поперечно-морщинистая, между гранями зернистая, матовая. Семенной рубчик слабо заметен. Кожура семени твердая, плотно прилегающая к зародышу, эндосперм плохо развит, зародыш состоит из двух семядолей и занимает почти все семя [92].

Биологической характерной особенностью чернушки посевной, отличающей ее от других видов чернушек, являются плоды – листовки, которые при созревании самостоятельно не растрескиваются, а только при механическом воздействии. При выращивании в промышленных масштабах это очень ценное качество, значительно сокращающее потери урожая семян. Диагностическими признаками семян чернушки посевной и дамасской являются трехслойное строение семенной кожуры, строение эпидермиса, пигментный слой, а также клетки эндосперма с жирным, эфирным маслом и алейроновыми зернами [92]. Это представляет практический интерес, поскольку позволяют судить о подлинности сырья.



Рис.4. Семена нигеллы посевной
Fig. 4. *Nigella sativa* seeds

В Российской Федерации наиболее активно изучение различных видов и их интродукционный анализ нигеллы проводится в Горном ботаническом саду Дагестана [82, 93], в Республике Беларусь в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии [17] и Центральном ботаническом саду НАН Беларуси [14].

В БГСХА создан ряд сортов нигеллы посевной и дамасской. Это такие сорта как Знахарка, Беларускі думяны нигеллы посевной, которые отличаются

ранним цветением и сроком созревания семян, высокой семенной продуктивностью [94-95]. В БГСХА также созданы сорта нигеллы дамасской Радасць, Сунічны Водар, Искра [96]. Показано, что при создании сортов нигеллы и подтверждения их отличимости могут быть использованы следующие качественные морфологические признаки: окраска чашелистиков цветка, тип цветка, форма плода, форма роста (габитус) и способ ветвления растения [97-101]. Для эффективного ведения селекционной работы по созданию сортов нигеллы различного целевого назначения разработана «Методика проведения искусственной гибридизации нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.)» [85]. Показано, что оптимальные фазы развития цветка нигеллы для проведения гибридизации: 3-я фаза – изолирование бутона цветка, 5-я фаза – проведение кастрации цветка (рыльца пестика сухие), 6-я фаза – проведение опыления (происходит массовое опыление цветка насекомыми), 7-я фаза – происходит самоопыление цветка. Опыление цветков, находящихся в 6-й фазе развития, пыльцой разных сроков хранения было эффективнее в сравнении с опылением цветков, находящихся в 5-й и 7-й фазах развития [85].

Нигелла относится к тепло- и светолюбивым, засухоустойчивым растениям с продолжительным периодом вегетации. Снижение освещенности до 50% не влияет на рост растений и не снижает урожайность семян. Однако затенение до 75% продлевает вегетационный период, уменьшает толщину листьев и сухую массу растений. Чем выше уровень затенения, тем больше высота растения, площадь листа, количество листьев и количество цветов, но не количество ветвей. Оптимальная температура развития растений состав-

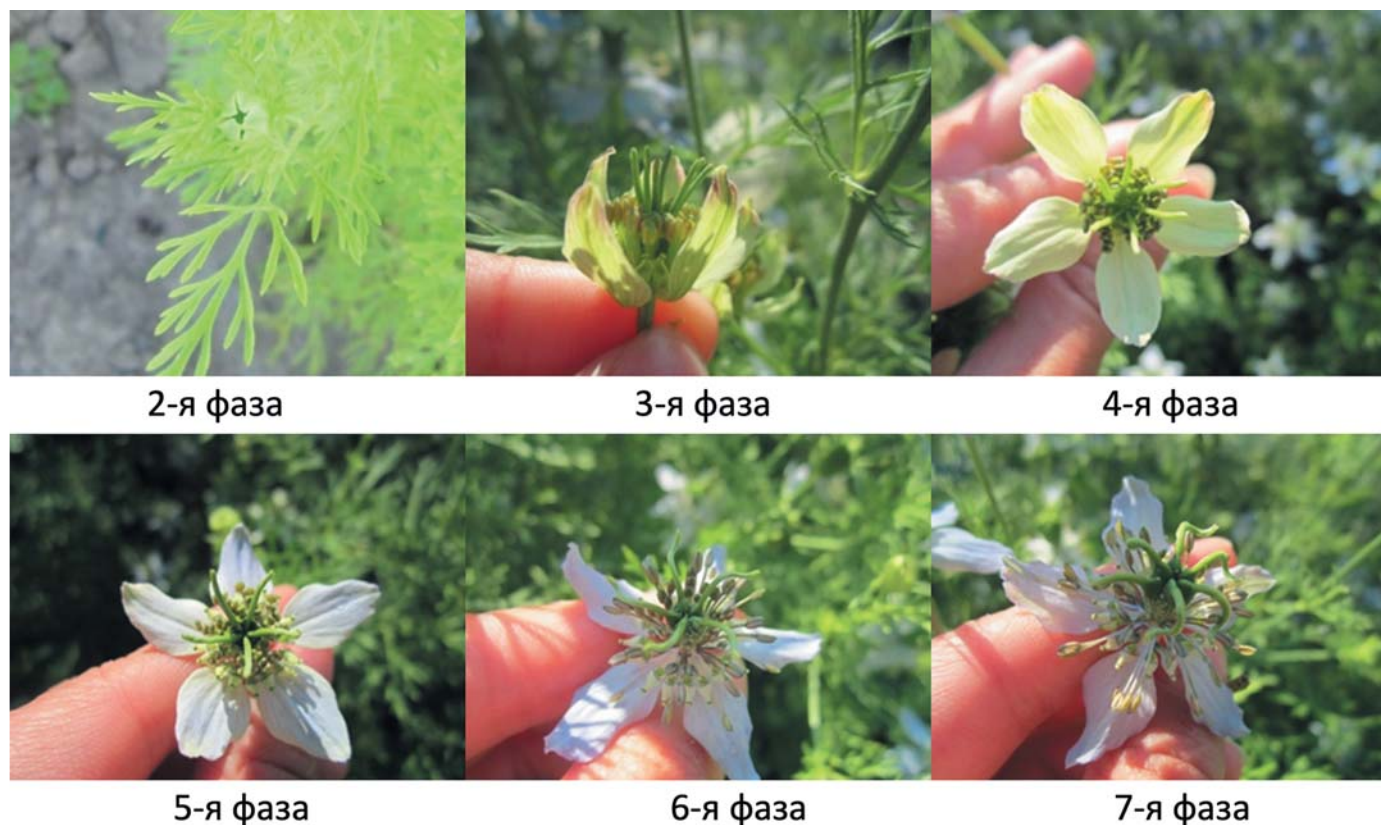


Рис.5. Онтогенез цветка нигеллы посевной [84]
Fig. 5. Ontogenesis of the flower of *Nigella* spp. [84]

ляет 240С [102-103]. К условиям произрастания растение не требовательно, но отзывчиво на удобрения. Лучшие почвы – рыхлые, умеренно увлажнённые, чистые от сорняков, с кислотностью близкой к нейтральной. Не пригодны заболоченные, кислые и засоленные. Азотные удобрения в дозе 60 кг/га увеличивают количество цветущих цветов и количество коробочек [104].

Элементы агротехники

Обработка почвы – основная (зяблевая) и предпосевная. При основной обработке, после уборки предшественников (картофель, тыквенные культуры, томаты, морковь, свекла, зеленные культуры) проводят дискование на глубину 6-8 см, а через 2-3 недели – вспашку на глубину 28-30 см. Осенью, под вспашку вносят 2-3 кг/м² перегноя, 20-30 г суперфосфата, 15 г калийной селитры и проводят чизелевание почвы. Предпосевная подготовка включает ранневесеннее боронование и культивацию [105]. Посев производится ранней весной. Способ посева в основном широкорядный (45 см) или ленточный (20+50 см). Норма высева – 10-15 кг/га при глубине заделки семян 2-3 см. Семена начинают прорастать при температуре 5-6°C. При такой температуре всходы появляются на 14-15 день [84], а при 7-10°C – на 6-8 день [105]. Всходы легко переносят весенние заморозки.

Посев нигеллы возможен также и рассадным способом. Для этого семена высевают в конце марта – начале апреля в ящики. Заделывают семена в землю на глубину 2-3 см, первые всходы появляются через 15-20 дней. Пикировку производят в специальные стаканы с грунтом, которые в дальнейшем пересаживают на постоянное место. Схема посадки рассады: 20-25х40-45 см.



Рис.6. Посев нигеллы посевной
Fig. 6. Sowing *Nigella sativa*

За сезон проводят 1-2 подкормки комплексным минеральным удобрением из расчета 15-20 г на 1 м². Полив осуществляют в засушливые периоды из расчета 5-7 л на 1 м².

Уход за растениями состоит в рыхлении междурядий и борьбе с сорняками и вредителями. Первая ручная прополка сорняков в рядах и рыхление почвы между лентами проводится сразу же после появления всходов [84]. Вторая – когда растения достигнут 12-15 см [105-110]. A.Saha, A.K. Datta предлагают проводить ручную прополку в междурядьях 3-5 раз с интервалом 20-25 дней по мере появления сорняков или образования почвенной корки, вплоть до смыкания рядков растений [6, 84]. На посевах нигеллы посевной для уничтожения сорной растительности возможно и применение гербицидов. Исследования, проведенные в БГСХА А.Л. Исаковой и сотрудниками, показали, что обработка довсходовыми гербицидами не оказывает отрицательного влияния на всхожесть культуры. Среди изученных гербицидов лучшими были Султан (КС, метазахлор, 500 г/л) и Бутизан ДУО (метазахлор, 200 г/л + диметенамид-П, 200 г/л) при обработке в дозе 2 л/га, рост сорной растительности не наблюдался в течение 3 недель с момента обработки. За данный период времени растения успевали вступить в фазу вегетативного роста [111].

Сроки уборки по данным различных авторов отличаются. В.И. Жаринов и А.И. Остапенко рекомендуют убирать семена нигеллы после пожелтения листьев и стеблей при побурении плодов раздельным способом [105]. Согласно данным, полученными Н.М. Макрушиным и В.Е. Астафьевой, срок уборки нигеллы посевной при выращивании на посевные цели определяют по влажности семян. Авторы считают, что ее необходимо убирать прямым комбайнированием при влажности семян верхнего яруса 37,7-40,1%. Однако, семена нигеллы посевной лучшего качества, по результатам исследований, были получены при однофазной уборке в фазе твердой спелости при влажности ниже 24% [91].

Максимальный урожай семян (0,71 т/га) и выход эфирного масла (8,66%) нигеллы посевной в Иране получен при обработке растений в фазах удлинения стебля и начале цветения наноконпозициями, содержащими Fe + Zn + Mn [112]. Максимальные урожаи семян (1,41 т/га) и масла в Турции наблюдаются на орошаемых землях [113]. На южных мицеллярно-карбонатных черноземах в предгорной зоне Крыма урожайность чернушки дамасской, высеянной широкорядным способом с междурядьями 70 см, варьировала в по годам в зависимости от сроков посева от 0,15 до 0,66 т/га [114].

Таким образом, обзор литературных данных показывает большую перспективность возделывания нигеллы в условиях умеренной зоны как пряно-ароматической с большим спектром уникальных лекарственных свойств. Она найдет широкое применение в различных областях: в сельском хозяйстве, в пищевой, фармацевтической, парфюмерной и косметологической промышленности, в декоративном садоводстве.

Об авторе:

Валерий Николаевич Прохоров – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси, <https://orcid.org/0000-0002-9562-0135>, prohoroff1960@mail.ru

About the author:

Valery N. Prokhorov – Dr. Sci. (Biology), chief scientific officer of the Laboratory of growth and development of plant, Federal State Scientific Institution “V.F. Kuprevich Institute of experimental botany National academy of Science of Belarus”, <https://orcid.org/0000-0002-9562-0135>, prohoroff1960@mail.ru

• Литература

1. FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 p. (<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>).
2. Скорина, В.В., Прохоров, В.Н. *Пряно-ароматические и эфирномасличные культуры: учебное пособие*. Минск: ИВЦ Минфина, 2018. 215 с.
3. Majeed A., Muhammad Z., Ahmad H., Rehmanullah H., Sayed S.S., Inayat N., Siyyar S. *Nigella sativa* L.: Uses in traditional and contemporary medicines – An overview. *Acta Ecologica Sinica*. 2019; DOI: 10.1016/j.chnaes.2020.02.001.
4. Определитель высших растений Беларуси. Минск.: Дизайн ПРО, 1999. С.47.
5. Datta A.K., Saha A. Cytomorphological Studies and Seed Protein Characterization of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *The Japan Mendel Society. Cytologia*. 2003;68(1):51-60.
6. Datta A.K., Bhattacharya D., Saha A. Black cumin (*Nigella sativa* L.) – a review. *Journal of plant development sciences*. 2012;(4):1-43.
7. Paarakh P.M. *Nigella sativa* Linn. – A comprehensive review. *Indian J. Nat. Prod*. 2010;(1):409-429.
8. Zohary M. The genus *Nigella* (Ranunculaceae) – a taxonomic revision. *Plant Systematics and Evolution*. 1983;(142):71-107. DOI:10.1007/bf00989605.
9. Зацепина Е.Е., Ивашев М.Н., Задорожная Е.Э. Адаптирующий эффект экстракта масла чернушки дамасской. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013;(7):133-134.
10. Ал-Карнаки И.М. Черный тмин. Профилактика, лечение заболеваний. *Издание Дилы*, 2013. 96 с.
11. Ijaz H., Tulain U.R., Qureshi J., Danish Z., Musayab S., Akhtar M.F., Saleem A., Khan K.K., Zaman M., Waheed I., Khan I., Abdel-Daim M. Review: *Nigella sativa* (Prophetic Medicine): A Review. *Pak J Pharm*. 2017;30(1):229-234. PMID: 28603137
12. Aftab A., Zubaida Y., Arshad J., Ashiq R., Shakeel A., Farah K. *Nigella sativa* L. from traditional to contemporary medicine: a review. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 2018.15(2):237-254.
13. Abdalla M. Czarnuska jako surowiec piekarski. *Przegl.piekarski cukiern*. 2002;50(3):6-8.
14. Шиш С.Н., Шутова А.Г., Спиридович Е.В. и др. Физиолого-биохимические особенности *Nigella sativa* L. при культивировании в Беларуси. Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Центр. ботан. сада НАН Беларуси, Минск, 6–8 июня 2017 г. Минск: Медисонт, 2017;(2):152-156.
15. Malhotra S.K. *Nigella*. Handbook of Herbs and Spices. 2004;(2):206-214.
16. Stefanopoulou E., Roussis I., Tsimpoukas K., Karidogianni S., Kakabouki I., Folina A., Bilalis D. A comparative techno-economic analysis of organic and conventional *Nigella sativa* L. crop production in Greece. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. Cluj-Napoca: University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*. 2020;77(1):150-153. DOI:10.15835/buasvmcn-hort.2019.0018.
17. Исакова А.Л. Оценка исходного материала нигеллы (*Nigella* L.) и его использование в селекции. Автореф.канд.с-х.наук. Горки, 2020. 21 с.
18. Сампиев А.М., Рудь Н.К., Давитаян Н.А. Фитохимическое изучение семян чернушки посевной. *Фундаментальные исследования. Фармацевтические науки*. 2014;(5):С.114-117.
19. Кухарева Л.В., Пашина Г.В. Полезные травянистые растения природной флоры: справочник по итогам интродукции в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1986: 215 с.
20. AL-Ansi W., Mahdi A.A.; Al-Maqtari Q.Ali., Fan M., Wang L., Li Y., Qian H., Zhang H. Evaluating the role of microwave-baking and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) *nigella* (*Nigella sativa* L.) on acrylamide growth and antioxidants potential in biscuits. *Journal of Food Measurement & Characterization*. 2019;13 (3):2426-2437.
21. Ligarnasari I.P., Anam C, Sanjaya A.P.. Physical, chemical and sensory properties of brownies substituted with sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.) with addition of black cumin oil (*Nigella sativa* L.). *IOP Conference Series: Earth & Environmental Science*. 2018;102(1):p1-1. DOI:10.1088/1755-1315/102/1/012084
22. Rao A.S., Hegde S., Pacioretti L.M., DeBenedetto J.B., John G. *Nigella sativa* and *Trigonella foenum-graecum* Supplemented Chapatis Safely Improve HbA1c, Body Weight, Waist Circumference, Blood Lipids, and Fatty Liver in Overweight and Diabetic Subjects: A Twelve-Week Safety and Efficacy Study. *Journal of Medicinal Food*. 2020;23(9):905-919. DOI: 10.1089/jmf.2020.0075
23. Алиева А.К., Казиахмедов Дж.С. Совершенствование рецептуры спредов и жировых компонентов с учетом запросов потребителей. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2014;27(1):85-88.
24. Кораблева О.А., Рахметов Д.Б. Интродукция и использование видов рода *Nigella* 2011-05 ВЮЗ БД ВИНТИ.
25. Курако У.М. Разработка технологии халяльного паштета из печени индейки методом обогащения маслом черного тмина. *Аграрн. науч. журн*. 2016;(3):52-56.
26. Food giant Nestlé claims to have invented stomach soothing use of habbat al-barakah (*Nigella sativa*) Nagoya Protocol ICNP-2 2 - 6 July 2012, New Delhi. 4 p
27. Siregar M.H., Sinaga H. Characterization of microcapsule containing black cumin seed (*Nigella sativa*) extract as preventive antioxidant. *Ridwansyah. IOP Conference Series: Earth & Environmental Science*. 2020;454(1):p1-1.
28. Лавров Ю.А. Магия пряностей и соусов. Киев: Таврида, 1995. 416 с.
29. Немтинов В.И. Нигелла посевная в Крыму. *Картофель и овощи*. 2016;(10):22-23.
30. Гукетлова О.М., Лукашук С.П. Определение основных показателей масла черного тмина. *Успехи современного естествознания*. 2014;(8):17-18.
31. Pop R.M. Future Perspectives on *Nigella Sativa*: Characterization and Pharmacological Properties. Series: Herbs and Herbalism. New York: Nova Biomedical. 2018. 280 p. ISBN: 978-1-53613-429-2
32. Ramadan M.F. Nutritional value, functional properties and nutraceutical applications of black cumin (*Nigella sativa* L.): an overview. *International Journal of Food Science & Technology*. 2007; 42 (10):1208-1218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01417.x>
33. Орловская Т.В. Фармакогностическое исследование некоторых культивируемых растений с целью расширения их использования в фармации. Автореферат доктора фармацевтических наук. Пятигорск, 2011. 49 с.
34. Beyzi E., Karer Ş. Effects of Sowing Times and Boron Applications on Agronomic and Quality Properties of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of the Institute of Science & Technology* 2020;10(3):2227-2234. DOI:10.21597/jist.718441.
35. Маширова С.Ю. Фармакогностическое изучение семян чернушки дамасской (*Nigella damascena* L.), выращенной в условиях Ставропольского края. Автореф.дисс.кандидата фармацевтических наук. Пятигорск, 2013. 25 с.
36. Al Juhaimi F., Matthaub B., El Babikera E. F., Ozcan M. M. Fatty acids, tocopherols, minerals contents of *Nigella sativa* and *Trigonella foenum-graecum* seed and seed oils. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*. 2016;93(3):165-171.
37. Kabir Y., Akasaka-Hashimoto Y., Kubota K., Komai M. Volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds cultivated in Bangladesh and India. *Heliyon*. 2020;6(10). DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05343
38. Рудь Н.К., Сампиев А.М., Давитаян Н.А. Основные результаты фитохимического и фармакологического исследования чернушки посевной (обзор). *Науч. вед. Белгородского гос. ун-та*. 2013;(25):207-212.
39. Al-Jassir M.S. Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia. *Food Chem*. 1992;(45):239-242.
40. Atta-Ur-Rahman. *Nigellidine* – a new indazole alkaloid from the seed of *Nigella sativa*. *Tetrahedron Lett*. 1995; 6(12):1993-1994.
41. Botnick I. Distribution of Primary and Specialized Metabolites in *Nigella sativa*

- Seeds, a Spice with Vast Traditional and Historical Uses. *Molecules*. 2012;(17):10159–10177. DOI:10.3390 / molecules170910159.
42. Gholamnezhad Z., Havakhah S., Boskabady M.H. Preclinical and clinical effects of *Nigella sativa* and its constituent, thymoquinone: A review. *J Ethnopharmacol*. 2016;(190):372-86. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.061.
 43. Нурмагомедова П.М., Омариёва М.Г. Обзор статей. Свойства чернушки посевной (*Nigella sativa* L.). *Медицина и здравоохранение: Материалы II Международной научной конференции*. Уфа, 2014. 62-65.
 44. Namazi N., Bagher L., Mohammad A.H., Mohammad A. Review: The effects of *Nigella sativa* L. on obesity: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Ethnopharmacology*. 2018;(219):173-181. DOI:10.1016/j.jep.2018.03.001.
 45. Караматов И.Д., Абдулхаков И.У. Чернушка посевная как лечебное средство в древней, современной народной и научной медицине (обзор литературы). *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2013;(4):406-413
 46. Abbasalizad F., Mahdih D., Parvin T., Siroos A., Mehran M. The effects of *Nigella sativa* on thyroid function, serum Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) – 1, Nesfatin-1 and anthropometric features in patients with Hashimoto's thyroiditis: a randomized controlled trial. *BMC Complementary & Alternative Medicine*. 2016;(16):1-9. DOI: 10.1186/s12906-016-1432-2.
 47. Parichehr H., Rad A.K., Rajaei Z., Hadjzadeh M. AL-Reza. Renal injury, nephrolithiasis and *Nigella sativa*: A mini review. *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2016;6(1):1-8. PMID: PMC4884213.
 48. Parveen A., Farooq M.A., Kyunn W.W. A New Oleanane Type Saponin from the Aerial Parts of *Nigella sativa* with Anti-Oxidant and Anti-Diabetic Potential. *Molecules*. 2020;25(9):2171. DOI:10.3390/modules25092171.
 49. Abbasali A., Niazmand, S., Mahmoudabady, M., Rezaee, S.A., Soukhtanloo, M., Mosallanejad, R., Hayatdavoudi, P. *Nigella sativa* L. seed regulated eNOS, VCAM-1 and LOX-1 genes expression and improved vasoreactivity in aorta of diabetic rat. *Journal of Ethnopharmacology*. 2019;(228):142-147. DOI:10.1016/j.jep.2018.09.021.
 50. Abdel-Moneim A., Essawy A., Hamed S., Abou-Gabal A., Alzergy A. Protective effect of *Nigella sativa* seeds against spermatocyte chromosomal aberrations and genotoxicity induced by carbon tetrachloride in mice. *Environmental Science & Pollution Research*. 2017;24(12):11677-11682. DOI:10.1007/s11356-017-8806-y.
 51. Sari Y., Purnawan I., Kurniawan D.W., Sutrisna E. A Comparative Study of the Effects of *Nigella sativa* Oil Gel and Aloe Vera Gel on Wound Healing in Diabetic Rats. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*. 2018;23(1):p1-1. DOI:10.1177/2515690X18772804.
 52. Javidi S., Razavi B.M., Hosseinzadeh H. A review of Neuropharmacology Effects of *Nigella sativa* and Its Main Component, Thymoquinone. *Phytother Res*. 2016;30(8):1219-1229. DOI: 10.1002/ptr.5634.
 53. Samarghandian S, Farkhondeh T, Samini F. A Review on Possible Therapeutic effect of *Nigella sativa* and Thymoquinone in Neurodegenerative Diseases. *CNS Neurol Disord Drug Targets*. 2018;17(6):412-420. doi: 10.2174/1871527317666180702101455.
 54. Randhawa M.A., Alghamdi M.S. Anticancer Activity of *Nigella sativa* (Black Seed) — A Review. *The American Journal of Chinese Medicine*. 2011;39(6):1075-1091. doi: 10.1142/S0192415X1100941X.
 55. Imran M., Rauf A., Khan I.A., Shahbaz M., Qaisrani T.B., Fatmawati S., Abu-Izneid T., Imran A, Rahman K.U., Gondal T.A. Thymoquinone: A novel strategy to combat cancer: A review. *Biomed Pharmacother*. 2018;(106):390-402. DOI:10.1016/j.biopha.2018.06.159.
 56. Исакова А.Л., Мишина М.Ю., Фудзии Ё., Прохоров В.Н. Компонентный состав летучих соединений, выделяемых семенами нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) / Земледелие и селекция в Беларуси: Сборник научных трудов Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. Минск: ИВЦ Минфина, 2018; 54: 239-243.
 57. Elkadery A.A.S., Elsherif E.A., Eldin H.M.E., Fahmy I.A.F., Mohammad O.S. Efficient therapeutic effect of *Nigella sativa* aqueous extract and chitosan nanoparticles against experimentally induced *Acanthamoeba keratitis*. *Parasitology Research*. 2019;118(8):2443-2454.
 58. Маширова С.Ю., Орловская Т.В. Исследование пептидов семян чернушки посевной и чернушки дамасской. Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сборник научных трудов Пятигорской ГФА. Пятигорск. 2012;(67):83-86.
 59. Bahumaiha O., Ramzi K., Chee H., Mohammed A.S., Cheah Y.K., Tan C.W., New C.Y., Thung T.Y., San C.W., Loo Y.Y., Nakaguchi Y., Nishibuchi M., Radu S. Occurrence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in raw shellfish at retail markets in Malaysia and antibacterial efficacies of black seed (*Nigella sativa*) oil against MRSA. *Food Control*. 2018;(90):324-331. DOI: 10.1016/j.food-cont.2018.02.045.
 60. Shkhaier S.L., Majid M.A., Allawi W.M., Al-Fatah J.A., Abed H.H. Al-Mustansiriyah Investigating the Efficiency of Simple Aqueous Extract of *Nigella sativa* Activity Against *Serratia Marcescens* Bactria. *Journal of Science*. 2020;31(3):39-45.
 61. Sieniawska E., Sawicki R., Golus J., Swatko-Ossor M., Ginalska G., Skalicka-Wozniak K. *Nigella damascena* L. Essential Oil-A Valuable Source of-Element for Antimicrobial Testing. *Molecules*. 2018;23(2):1-11. DOI: 10.3390/molecules23020256.
 62. Udu R., Oyweri J., Gathirwa J. Antimalarial Activity of *Nigella sativa* L. Seed Extracts and Selection of Resistance in *Plasmodium berghei* ANKA in a Mouse Model. *Journal of pathogens [J Pathog]*. 2021; Article ID 6165950. DOI:10.1155/2021/6165950.
 63. Mohammad R.K., Shoukhou G., Mahmood S. Possible therapeutic effects of *Nigella sativa* and its thymoquinone on COVID-19. *Pharm Biol*. 2021;59(1):696–703. doi:10.1080/13880209.2021.1931353
 64. Xu, H., Liu, B., Xiao, Z. *et al.* Computational and Experimental Studies Reveal That Thymoquinone Blocks the Entry of Coronaviruses Into *In Vitro* Cells. *Infect Dis Ther* 2021;(10):483–494. <https://doi.org/10.1007/s40121-021-00400-2>
 65. Balicki E. Antidermatophyte and antioxidant activities of *Nigella sativa* alone and in combination with enilconazole treatment of dermatophytosis in cattle. *Veterinari Medicina*. 2016;61(10):539-545.
 66. Petrujkić B.T., Beier R.C., He H., Genovese K.J., Swaggerty C.L., Hume M.E., Crippen T.L., Harvey R.B., Anderson R.C., Nisbet D.J. *Nigella sativa* L. as an alternative antibiotic feed supplement and effect on growth performance in weanling pigs. *Journal of the Science of Food & Agriculture*. 2018;98(8):3175-3181.DOI:10.1002/jsfa.8823.
 67. Eladl A.H., Arafat N., El-Shafei R.A., Farag V. M., Saleh R.M., Awadin W.F. Comparative immune response and pathogenicity of the H₉N₂ avian influenza virus after administration of Immulant®, based on *Echinacea* and *Nigella sativa*, in stressed chickens. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2019;(65):165-175.
 68. Bhishnurkar P.G., Deo S.S., Inam F.S. Gas chromatography - mass spectrometry analysis of the essential oil from *Nigella sativa* Linn. seeds. *Journal of Advanced Scientific Research*. 2020;(11):326-330.
 69. Abdelhamid A., Belattar N., Elektorowicz M. *Nigella sativa* L. Seeds Biomass as a Potential Sorbent in Sorption of Lead from Aqueous Solutions and Wastewaters. *Oriental Journal of Chemistry*. 2018;34(2):638-647. DOI:10.13005/ojc/340205.
 70. Shooto N.D., Thabede P.M., Naidoo E.B. Simultaneous adsorptive study of toxic metal ions in quaternary system from aqueous solution using low cost black cumin seeds (*Nigella sativa*) adsorbents. *South African Journal of Chemical Engineering*. 2019;(30):15-27. DOI:10.1016/j.sajce. 2019.07.002.
 71. A., Shahab K., Mohammad R.B., Masoud G., Mansour G. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Nigella sativa* L. Extract: The Effect on the Height and Number of Branches. *Journal of Nanostructures*. 2018;8(1):82-88. DOI:10.22052/JNS.2018.01.010.
 72. Arif S., Saqib H., Mubashir M., Malik S.I., Mukhtar A., Saqib S., Ullah S., Show P.L. Comparison of *Nigella sativa* and *Trachyspermum ammi* via experimental investigation and biotechnological potential. *Chemical Engineering & Processing*. 2021;(161):pN.PAG-N.PAG.1p. DOI:10.1016/j.cep.2021.108313.
 73. Siddiqui S.I., Zohra F., Chaudhry S.A. *Nigella sativa* seed based nanohybrid composite-Fe₂O₃-SnO₂/BC: A novel material for enhanced adsorptive removal of methylene blue from water. *Environmental Research*. 2019. 178 p. DOI:10.1016/j.envres.2019.108667.
 74. Rath G., Siddiqui S.I., Pham Q., Nam V.T. *Nigella sativa* seeds based antibacterial composites: A sustainable technology for water cleansing - A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2020; 18. DOI:10.1016/j.scp.2020.100332.
 75. Sabbah M., Altamimi M., Di Piero P., Schiraldi C., Cammarota M., Porta R. Black Edible Films from Protein-Containing Defatted Cake of *Nigella sativa* Seeds. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(3):832. DOI:10.3390 / ijms21030832.
 76. Celik H., Bagci C., Kocyigit A., Koyuncu İ., Karakilcik A.Z. Anti-genotoxic and anti-cytotoxic potential of black cumin seed (*Nigella sativa*) extract on aluminum-exposed human lymphocyte cells. *Journal of Harran University Medical Faculty*. 2018;15 (3):103-110.

77. Al-Beitawi N., El-Ghousein S.A. Effect of Feeding Different Levels of *Nigella sativa* Seeds (Black Cumin) on Performance, Blood Constituents and Carcass Characteristics of Broiler Chicks. *International J. of Poultry Science*. 2008;(7):715-721. DOI:10.3923/ijps.2008.715.721.
78. Yalcin S., Erol H. Effects of dietary black cumin seeds (*Nigella sativa* L.) on performance, egg traits, egg cholesterol content and egg yolk fatty acid composition in laying hens. *J Sci Food Agric*. 2009;(89):1737-1742. DOI:10.1002/jsfa.3649.
79. Khondoker S., Hasan-Uj-Jaman Md., Zaman M. Farid U. Effect of *Nigella sativa* (Black Cumin Seed) to Enhance the Immunity of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Against *Pseudomonas fluorescens*. *American J. of Life Sciences*. 2016;4(3):87-92.
80. Öz M. Effects of black cumin (*Nigella sativa*) oil on ammonia and biogenic amine production in rainbow trout. *Indian Journal of Animal Research*. 2018;52(2):265-269. DOI:10.18805/ijar.v0iOF.8474.
81. Einafshar S. Comparison of antifungal effects of *Nigella sativa* oil and extract with Imazalil on two apple cultivars in cold storage. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*. 2019;15(4):507-516.
82. Амирова Л.А. Интродукционный анализ некоторых видов рода *Nigella* L. в условиях Дагестана. Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений: Сборник материалов X.I международного научно-методической конференции, 9-13 июня 2014 г. Махачкала, 2014: 10-12.
83. Барыкина Р.П. Биолого-морфологические особенности и стратегии структурной адаптации однолетников семейства лютиковых. *Бюл. Моск. общества испыт. природы. Отд-ние биологии*. 1992;97(1):68-80.
84. Кудинов М.П., Кухарева Л.В., Пашина Г.В., Иванова Е.В. Пряно-ароматические растения. Минск: Урожай, 1986. 159 с.
85. Исакова А.Л., Исаков А.В., Прохоров В.Н. Методика проведения искусственной гибридизации нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.): рекомендации. 2018. 20 с.
86. Чуниховская В. Н. Продуктивность чернушки дамасской при разной густоте стояния растений. *Наукові праці. Сер. с.-г. науки*. 2009;(125):104-108.
87. Шлаш М., Найда Н.М. Некоторые биологические особенности семян чернушки посевной. *Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов*. 2003;(7):177-181.
88. Шлаш М.С. Онтогенез и перспективы рационального использования чернушки посевной (*Nigella sativa* L.) в условиях Сирии: автореф. ... дис. канд. биол. наук. 2004. 18 с.
89. Найда Н.М., Шлаш М.С. Сравнительная оценка биологических и морфометрических характеристик *Nigella sativa* в условиях Сирии и Ленинградской области. *Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та*. 2019;2(55):11-15.
90. Амирова Л.А., Асадулаев З.М. Изменчивость признаков плодов и семян *Nigella sativa* L. При различных способах опыления. *Фундаментальные исследования. Biological Sciences*. 2014;(9):2446-2451.
91. Макрушин Н.М., Астафьева В. Э., Майорова Т.Ю. Динамика урожайности семян чернушки посевной и подорожника блошного. *Науч. труды ЮФ «КАТУ» НАУ: с.-х. науки*. Симферополь, 2007;(104):195-199.
92. Орловская Т.В., Маширова С.Ю. Морфолого-анатомическое изучение семян чернушки посевной (*Nigella sativa* L.) и чернушки дамасской (*Nigella damascena* L.). *Традиционная медицина*. 2012;(3):54-57.
93. Хабибов А.Д., Кумаева У.Х., Шахбанова С.Ш. Интродукционный анализ *Nigella sativa* L. во внутренигорном Дагестане. *Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века*. Русское ботаническое общество. *Экологическая физиология и биохимия растений*. 2008;(6):363-365.
94. Исакова А.Л., Исаков А.В., Прохоров В.Н., Коваленко Н.А., Феськова Е.В. Характеристика сорта Знахарка нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.). *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(1):79-81.
95. Исакова А.Л., Исаков А.В., Прохоров В.Н., Коваленко Н.А., Феськова Е.В. Сорт Беларускі духмяны нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.). *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;(3):108-111.
96. Прохоров В.Н., Исакова А.Л., Исаков А.В. Сравнительная характеристика сортов Радасць и Сунічны нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.). *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;(3):99-102.
97. Исакова А.Л., Прохоров В.Н. Морфометрические различия образцов нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) в условиях Беларуси. *Земледелие и селекция в Беларуси: Сборник научных трудов Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию*. Минск: ИВЦ Минфина, 2017;(53):336-342.
98. Исакова А.Л., Бейня В.А., Базылева Н.А. Характерные и отличительные признаки, используемые для оценки ООС по методике проведения испытаний на нигелле (*Nigella* L.). *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(2):110-113.
99. Исакова А. Л., Прохоров В. Н. Морфометрическая характеристика семян и реальная семенная продуктивность нигеллы. *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: тезисы VIII Международной научной конференции*, Минск, 28-30 октября 2015 г. Минск: Колорград, 2015. 45 р.
100. Исакова А.Л., Бейня В.А., Базылева Н.А., Прохоров В.Н. Основные признаки группирования сортов нигеллы (*Nigella* L.) по методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: тезисы IX Международной научной конференции*, Минск, 24-26 октября 2018 г. Минск: Колорград, 2018. 51 р.
101. Исакова А.Л., Прохоров В.Н., Исаков А.В. Семенная продуктивность и биохимический состав семян нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.), полученных в условиях северо-востока Республики Беларусь. *Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур: материалы Международной научно-практической конференции*, Рязань, 3-4 марта 2016 г. Рязань: РГАТУ, 2016. 327 р.
102. Ghamarnia H. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semi arid region in the West of Iran. *J. Med. Plants Res*. 2010;4(16):1612-1616. DOI: 10.5897/JMPR09.376
103. Margout D., Kelly M.T., Meunier S. Morphological, microscopic and chemical comparison between *Nigella sativa* L. (black cumin) and *Nigella damascena* L. *J. of Food, Agriculture & Environment*. 2013;11(1):165-171.
104. Evi S., Ani K., Winarsa D.W., dan Didah N.F. Pertumbuhan Jintan Hitam (*Nigella sativa* L.) pada Tingkat Naungan dan Pemupukan Nitrogen yang Berbeda. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 2018;46(2):202-207. DOI:10.24831/jai.v46i2.16722
105. Жарінов В.І., Остапенко А.І. Вирощування лікарських, ефіро-олійних, пряно-смакових рослин. Київ: Вища школа, 1994. 234 с.
106. Лудилов В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры: биология, выращивание, семеноводство. М.: Росинформагротех, 2009. 196 с.
107. Пивоваров В.Ф., Лебедева А.Т. Выращивание семян на приусадебном участке. М.: Колос, 1996. 349 с.
108. Toncer O., Kizil S. Effect of seed rate on agronomic and technologic characters of *Nigella sativa* L. *Int. J. Agri. Bio*. 2004;6(3):529-532.
109. Tulukcu E. The Effects of Varying Nitrogen Doses Some Yield Components of *Nigella sativa* L. *J Agr Food Sci*. 2015; 29 (2): 67-70.
110. Tuncturk M., Ekin Z., Turkozu D. Response of black cumin (*Nigella sativa* L.) to different seed rates growth, yield components and essential oil contents. *J. Agron*. 2005;4(3):216-219. DOI:10.3923/ja.2005.216.219.
111. Исакова А.Л., Исаков А.В., Кажарский В.Р., Прохоров В.Н. Оценка применения различных гербицидов на посевах нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.). *Регуляция роста, развития и продуктивности растений: тезисы IX Международной научной конференции*, Минск, 24-26 октября 2018 г. Минск: Колорград, 2018. 52 р.
112. Esmaeil R.-C., Sajjad R., Amir R., Hashem H., Hassan M. Response of Seed Yield and Essential oil of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Affected as Foliar Spraying of Nano-fertilizers. *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 2018;7(1):33-40. DOI 10.22092/JMPB.2018.116726.
113. Ozer H., Coban F., Sahin U., Ors S. Response of black cumin (*Nigella sativa* L.) to deficit irrigation in a semi-arid region: growth, yield, quality, and water productivity. *Industrial Crops and Products*. 2020. DOI:10.1016/j.indcrop.2019.112048.
114. Кузнецов С.А. Влияние срока сева на продуктивность чернушки дамасской в предгорной зоне Крыма. *Известия ОГАУ*. 2015;54(4):56-58.

• References (In Russ.)

2. Skorina, V.V., Prokhorov, V.N. Spicy-aromatic and essential oil cultures: a tutorial. Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance, 2018. 215 p. (In Russ.)
4. Keys to higher plants of Belarus. Minsk. PRO design, 1999. P.47. (In Russ.)
9. Zatssepina E.E., Ivashev M.N., Zadorozhnaya E.E. The adaptive effect of chernushka damask oil extract. *International Journal of Applied and Basic Research*. 2013;(7):133-134. (In Russ.)

10. Al-Karnaki I.M. Black cumin. Prevention, treatment of diseases. Dilya Publishing House, 2013. 96 p. (In Russ.)
14. Shish S.N., Shutova A.G., Spiridovich E.V. et al. Physiological and biochemical features of *Nigella sativa* L. during cultivation in Belarus. The role of botanical gardens and arboretums in the conservation, study and sustainable use of the diversity of the plant world: materials of the Intern. scientific. conf., dedicated. To the 85th anniversary of the Center. Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, June 6–8, 2017 Minsk: Medison, 2017;(2):152-156. (In Russ.)
17. Isakova A.L. Evaluation of the starting material of *Nigella* L. and its use in breeding. Abstract of the Candidate of Science in Agricultural Sciences. Gorki, 2020. 21 p. (In Russ.)
18. Sampiev A.M., Rud N.K., Davitavyan N.A. Phytochemical study of the seeds of the sowing nigella. *Basic research. Pharmaceutical Sciences*. 2014;(5):114-117. (In Russ.)
19. Kukhareva L.V., Pashina G.V. Useful herbaceous plants of natural flora: a guide to the results of the introduction in Belarus. Minsk: Science and technology, 1986. 215 p. (In Russ.)
23. Alieva A.K., Kaziakhmedov J.S. Improving the formulation of spreads and fat components, taking into account the needs of consumers. *Technical and technological problems of the service*. 2014;27(1):85-88. (In Russ.)
24. Korableva O.A., Rakhmetov D.B. Introduction and use of species of the genus *Nigella*. 2011-05 BI03 DB VINITI. (In Russ.)
25. Kurako U.M. Development of technology for halal turkey liver pate by enrichment with black cumin oil. *Agrarian. scientific. jurn*. 2016;(3):52-56. (In Russ.)
28. Lavrov Yu.A. The magic of spices and sauces. Kiev: Tavrida, 1995. 416 p. (In Russ.)
29. Nemtinov V.I. *Nigella* sowing in the Crimea. *Potatoes and vegetables*. 2016;(10):22-23.
30. Guketlova O.M., Lukashuk S.P. Determination of the main indicators of black cumin oil. *The successes of modern natural science*. 2014;(8):17-18. (In Russ.)
33. Orlovskaya T.V. Pharmacognostic study of some cultivated plants with the aim of expanding their use in pharmacy. Abstract of Doctor of Pharmaceutical Sciences. Pyatigorsk, 2011. 49 p. (In Russ.)
35. Mashirova S.Yu. Pharmacognostic study of seeds of damask (*Nigella damascena* L.) grown in the conditions of the Stavropol Territory. Abstract of the thesis for a candidate of pharmaceutical sciences. Pyatigorsk, 2013. 25 p. (In Russ.)
38. Rud N.K., Sampiev A.M., Davityan N.A. The main results of a phytochemical and pharmacological study of sowing nigella (review). *Sci. led. Belgorod state. university*. 2013;(25):207-212. (In Russ.)
43. Nurmagomedova P.M., Omarieva M.G. Review of articles. The properties of the blackberry sowing (*Nigella sativa* L.). *Medicine and health care: Proceedings of the II International Scientific Conference*. Ufa, 2014. 62-65. (In Russ.)
45. Karamatov I.D., Abdulkhakov I.U. Chernushka sowing as a remedy in ancient, modern folk and scientific medicine (literature review). *Actual problems of the humanities and natural sciences*. 2013;(4):406-413. (In Russ.)
56. Isakova A.L., Mishina M.Yu., Fujii Y., Prokhorov V.N. Component composition of volatile compounds emitted by seeds of *Nigella sativa* L. *Agriculture and breeding in Belarus: Collection of scientific papers of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Agriculture*. Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance. 2018;(54):239-243. (In Russ.)
58. Mashirova S.Yu., Orlovskaya T.V. Investigation of peptides of seeds of chernushka sowing and chernushka damascus. *Development, research and marketing of new pharmaceutical products: Collection of scientific papers of the Pyatigorsk State Medical Academy*. Pyatigorsk. 2012;(67):83-86. (In Russ.)
82. Amirova L.A. Introduction analysis of some species of the genus *Nigella* L. in the conditions of Dagestan. *Introduction, conservation and use of biological diversity of cultivated plants: Collection of materials of the X.I international scientific and methodological conference*, June 9-13, 2014 Makhachkala, 2014. 10-12 p. (In Russ.)
83. Barykina R.P. Biological and morphological features and strategies of structural adaptation of annuals of the buttercup family. *Bul. Moscow Islands is tested. nature. Branch of biology*. 1992;97(1):68-80. (In Russ.)
84. Kudinov M.P., Kukhareva L.V., Pashina G.V., Ivanova E.V. Spicy aromatic plants. Minsk: Harvest, 1986. 159 p. (In Russ.)
85. Isakova A.L., Isakov A.V., Prokhorov V.N. Method of artificial hybridization of seed nigella (*Nigella sativa* L.): recommendations. 2018. 20 p. (In Russ.)
86. Chunikhovskaya VN Productivity of Damascus chernushka at different plant density. *Naukovi pratsi. Ser. agric. science*. 2009;(125):104-108. (In Russ.)
87. Shlash M., Naida N.M. Some biological features of seeds. *Actual problems of innovation with non-traditional plant resources and the creation of functional products*. 2003;(7):177-181.
88. Shlash M.S. Ontogeny and prospects for the rational use of black cottages (*Nigella sativa* L.) in Syria: author. ... Dis. Cand. biol. 2004. 18 p. (In Russ.)
89. Naida N.M., Shlash M.S. Comparative assessment of biological and morphometric characteristics of *Nigella sativa* in the conditions of Syria and the Leningrad region. *Izv. St. Petersburg. state agrarian. univers. St. Petersburg*. 2019;2(55):11-15. (In Russ.)
90. Amirova L.A., Asadulaev Z.M. Variation of traits of fruits and seeds of *Nigella sativa* L. With different methods of pollination. *Basic research. Biological Sciences*. 2014;(9):2446-2451. (In Russ.)
91. Makrushin N.M., Astafieva V.E., Mayorova T.Yu. Dynamics of the yield of seeds of chernushka sowing and plantain flea. *Scientific. works of the Law Firm "KATU" NAU: agric. science. Simferopol*, 2007;(104):195-199. (In Russ.)
92. Orlovskaya T.V., Mashirova S.Yu. Morphological and anatomical study of the seeds of the black beetle (*Nigella sativa* L.) and the nigella damascus (*Nigella damascena* L.). *Traditional medicine*. 2012;(3):54-57. (In Russ.)
93. Khabibov A.D., Kumaeva U.Kh., Shakhbanova S.Sh. An introduction analysis of *Nigella sativa* L. in the inner mountainous Dagestan. Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century. *Russian Botanical Society. Ecological physiology and biochemistry of plants*. 2008;(6):363-365. (In Russ.)
94. Isakova A.L., Isakov A.V., Prokhorov V.N., Kovalenko N.A., Feskova E.V. Characteristics of the variety Znaharka nigella sowing (*Nigella sativa* L.). *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019;(1):79-81. (In Russ.)
95. Isakova A.L., Isakov A.V., Prokhorov V.N., Kovalenko N.A., Feskova E.V. Variety Belaruski dukhmyany *Nigella* sowing (*Nigella sativa* L.). *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020;(3):108-111. (In Russ.)
96. Prokhorov V.N., Isakova A.L., Isakov A.V. Comparative characteristics of the varieties Radasts and Sunichny nigella damaska (*Nigella damascena* L.). *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020;(3):99-102. (In Russ.)
97. Isakova A.L., Prokhorov V.N. Morphometric differences in samples of *Nigella sativa* L. in the conditions of Belarus. *Agriculture and breeding in Belarus: Collection of scientific papers of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Agriculture*. Minsk: ITC of the Ministry of Finance, 2017;(53):336-342. (In Russ.)
98. Isakova A.L. Beinya V.A., Bazyleva N.A. Characteristic and distinctive signs used for the assessment of DUS according to the test methodology for *Nigella* (*Nigella* L.). *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019;(2):110-113. (In Russ.)
99. Isakova A.L., Prokhorov V.N. Morphometric characteristics of seeds and real seed productivity of *Nigella*. *Regulation of growth, development and productivity of plants: abstracts of the VIII International Scientific Conference*, Minsk, October 28-30, 2015 Minsk: Kolorgrad, 2015. 45 p. (In Russ.)
100. Isakova A.L., Beinya V.A., Bazyleva N.A., Prokhorov V.N. The main signs of grouping varieties of *Nigella* (*Nigella* L.) according to the method of testing for distinctness, uniformity and stability. *Regulation of growth, development and productivity of plants: abstracts of the IX International Scientific Conference*, Minsk, October 24-26, 2018 Minsk: Kolorgrad, 2018. 51 p. (In Russ.)
101. Isakova A.L., Prokhorov V.N., Isakov A.V. Seed productivity and biochemical composition of seeds of sowing nigella (*Nigella sativa* L.) obtained in the north-east of the Republic of Belarus. *Scientific and practical aspects of technologies for the cultivation and processing of oilseeds and essential oil crops: materials of the International Scientific and Practical Conference*, Ryazan, March 3-4 2016 Ryazan: RGATU, 2016. 327 p. (In Russ.)
106. Ludilov V.A., Ivanova M.I. Rare and less common vegetable crops: biology, cultivation, seed production. Moscow: Rosinformagroteh, 2009. 196 p. (In Russ.)
107. Pivovarov V.F., Lebedeva A.T. Growing seeds in a personal plot. Moscow: Kolos, 1996. 349 p. (In Russ.)
111. Isakova A.L., Isakov A.V., Kazharsky V.R., Prokhorov V.N. Assessment of the use of various herbicides on crops of *Nigella sativa* L. *Regulation of plant growth, development and productivity: abstracts of the IX International Scientific Conference*, Minsk, October 24-26, 2018 Minsk: Kolorgrad, 2018. 52 p. (In Russ.)
114. Kuznetsov S.A. Influence of the sowing time on the productivity of Damascus nigella in the foothill zone of the Crimea. *Izvestiya OGAU*. 2015;54(4):56-58. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>
УДК 631.452:631.613(470.0)

Н.Н. Дубенок,
М.В. Климакина,
Е.В. Мацыганова

ФГБОУ ВО Российский Государственный
Аграрный Университет – МСХА имени К.А.
Тимирязева
127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская,
д.49
lemalev@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Климакина
М.В., Мацыганова Е.В. Повышение почвенно-
го плодородия склоновых земель сельскохо-
зяйственного назначения Нечернозёмной
зоны Российской Федерации. *Овощи России*.
2021;(4):124-129.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>

Поступила в редакцию: 24.03.2021

Принята к печати: 09.08.2021

Опубликована: 25.08.2021

Nikolay N. Dubenok,
Marina V. Klimakhina,
Elena V. Matsyganova

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russia,
127550
ndubenok@mail.ru, lemalev@yandex.ru

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

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

For citations: Dubenok N.N., Klimakhina M.V.,
Matsyganova E.V. Improving the soil fertility of
agricultural lands in the Non-Black Earth Zone of
the Russian Federation. *Vegetable crops of
Russia*. 2021;(4):124-129. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>

Received: 24.03.2021

Accepted for publication: 09.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Повышение почвенного плодородия склоновых земель сельскохозяйственного назначения Нечернозёмной зоны Российской Федерации



Резюме

Актуальность. Согласно ФЗ от 16.07.1998 №101-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» собственники, владельцы, пользователи, в том числе арендаторы земельных участков обязаны: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключаящими или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую среду. Цель исследований – определить основные причины снижения плодородия почв склоновых земель.

Материалы и методы. Исследования проводили на стационарном поле в Подольском районе МО в 2011-2012 годах. На опыте развернут во времени пятипольный севооборот: 1) овёс; 2) ячмень с подсевом многолетних трав; 3) многолетние травы первого года пользования; 4) многолетние травы второго года пользования; 5) озимая пшеница. В статье приведены данные по овсу, ячменю с подсевом многолетних трав и многолетним травам, т.к. именно они выращивались в севообороте в указанные годы исследований. Опыт проводили на склоновых землях. Участки были расположены в верхней части склона с уклоном 14% (слабопокатый) и в нижней части склона с уклоном 7% (пологий).

Результаты. Установлено, что в среднем ежегодно на склоновых участках Нечернозёмья почвы теряют из слоя 0-40 см с поверхностным стоком фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 7.3-45.8 кг/га. При противозерозионных приёмах обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов была в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%. Поверхностный сток перераспределяет вещества по длине склона, следовательно, нужно это учитывать при химических мелиорациях почв склонов и осуществлять дифференцированное внесение удобрений и известки. После проведения химического анализа пахотного слоя почвы выяснилось, что максимальное содержание гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия отмечается в нижней части склона, что связано с процессами смыва и намыва почвы.

Ключевые слова: почвенное плодородие, земли сельскохозяйственного назначения, склоновые земли, водная эрозия, почвозащитная обработка, орошение дождеванием.

Improving the soil fertility of agricultural lands in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation

Abstract

Relevance. According to the Federal Law of 16.07.1998 No. 101-FZ (as amended on 05.04.2016) "On State Regulation of Ensuring the Fertility of Agricultural Land", owners, owners, users, including tenants of land plots are obliged to: carry out the production of agricultural products in ways that ensure the reproduction of the fertility of agricultural land, as well as excluding or limiting the adverse impact of such activities on the environment. Environment.

Materials and methods. The research was carried out on a stationary field experience in the Podolsk district of the Moscow region in 2011-2012. On experience, five-floor crop rotation will be deployed in time: 1) oats; 2) barley with planted perennial herbs; 3) perennial herbs of the first year of use; 4) perennial herbs of the second year of use; 5) winter wheat. The plots were located in the upper part of the slope with a slope of 14% (weakly pitched) and in the lower part of the slope with a slope of 7% (gentle).

Results. It was found that on average annually in the slope areas of the non-chernozem region soils lose from the layer 0-40 cm with a surface runoff of phosphorus 0.7-6.0 kg / ha, potassium 2.3-28.9 kg / ha, calcium 7.3-45.8 kg / ha. With anti-erosion methods of tillage on a slope with a steepness of 7%, the migration of chemical elements was 2.2 times less compared to similar options on the slope with a steepness of 14%. Surface runoff redistributes substances along the length of the slope, therefore, it is necessary to take this into account during chemical reclamation of the slopes soils and carry out differentiated application of fertilizers and lime. After chemical analysis of the arable layer of soil, it turned out that the maximum content of humus, mobile forms of phosphorus and exchange potassium is noted in the lower part of the slope, which is associated with the processes of washing and alluvium of the soil.

Keywords: soil fertility, agricultural land, slope land, water erosion, soil protection, sprinkling.

Введение

По данным Росреестра, на 1 января 2020 года общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации составляет 381673,0 тыс. га. Из них в собственности граждан находится 106630,9 тыс. га (27,9%), в собственности юридических лиц 20915,6 тыс. га (5,5%), в государственной и муниципальной собственности 254126,5 тыс. га (66,6%).

Согласно ФЗ от 16.07.1998 №101-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» собственники, владельцы, пользователи, в том числе арендаторы земельных участков обязаны: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключая или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую среду; соблюдать нормы и правила в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В Российской Федерации находится 4566,2 тыс. га орошаемых земель, из них 2142,7 тыс. га (46,9%) находятся в хорошем состоянии, 1290,8 тыс. га (28,3%) в удовлетворительном и 1132,7 тыс. га (24,8%) в неудовлетворительном состоянии. Из общей площади орошаемых земель Российской Федерации 4753,7 тыс. га 13,5% находятся в хорошем состоянии (641,8 тыс. га), 47,7% (2267,5 тыс. га) – в удовлетворительном и 1844,4 тыс. га (38,8%) в неудовлетворительном состоянии [1].

Важнейшими параметрами, от которых зависит уровень плодородия, являются конкретные показатели почвенных режимов: водно-воздушный, питательный, температурный, биохимический, физико-химический, солевой, окислительно-восстановительный. Параметры режимов, в свою очередь, определяются климатическими условиями, агрофизическими свойствами почв, их гранулометрическим, минералогическим и химическим составом, запасом элементов питания, содержанием их подвижных форм, содержанием, составом и запасами гумуса, интенсивностью микробиологических процессов, реакцией и некоторыми другими физико-химическими свойствами.

Оценивая роль отдельных почвенных свойств и режимов в формировании плодородия, необходимо подчеркнуть следующие важные положения.

Во-первых, плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почв.

Во-вторых, показатели свойств и режимов могут быть оценены количественно.

В-третьих, различные растения предъявляют неодинаковые требования к свойствам и режимам почв.

В-четвёртых, свойства и режимы динамичны, т.е. изменяются во времени.

Воспроизводство плодородия почвы в интенсивном земледелии осуществляется двумя путями: веществом и технологическим. Первый включает применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, благоприятное в агрономическом отношении чередование культур, второй связан с улучшением свойств почвы путём применения механической обработки, приёмов осушительных и оросительных мелиораций и др.

На процессы почвообразования влияют гидротермические условия, т.е. водный и радиационный балансы. Между этими процессами существует тесная взаимосвязь. Гидротермический режим, характерный для каждой климатической зоны, является решающим фактором условий среды для нормального развития растений и почвообразовательных процессов [2]. В качестве интегральной характеристики гидротермического режима используют так называемый гидротермический коэффициент ($\bar{R}$), рассчитываемый для природных условий по формуле (1)

$$\bar{R} = \frac{R}{L \cdot P}, \quad (1)$$

где R – радиационный баланс деятельной поверхности, ккал/см² в год;

L – скрытая теплота парообразования (const = 0,06 ккал/мм см² в год);

P – сумма осадков, мм/год.

Наиболее благоприятные режимы почвообразования для микробиологической деятельности и накопления гумуса обеспечиваются при гидротермическом коэффициенте 0,9 – 1,1.

В случае, когда гидротермический коэффициент $\bar{R} > 1,8$ возможна минерализация гумуса; а при $\bar{R} < 0,5-0,7$ – вымывание питательных веществ, гумуса, создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности бактерий [2].

Добиться оптимальных значений гидротермического коэффициента, возможно только внося в почву дополнительную влагу, т.е. применяя орошение, что имеет важное значение при возделывании культур на склоновых землях.

Цель исследований: определить основные причины снижения плодородия почв склоновых земель. Дать рекомендации для разработки современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны, для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур и восстановления почвенного плодородия.

Материалы и методы

Исследования проводили на стационарном поле-опыте в Подольском районе МО в 2011-2012 годах. На опыте развёрнут во времени пятипольный севооборот: 1) овёс; 2) ячмень с подсевом многолетних трав; 3) многолетние травы первого года пользования; 4) многолетние травы второго года пользования; 5) озимая пшеница. В статье приведены данные по овсу, ячменю с подсевом многолетних трав и многолетним травам, т.к. именно они выращивались в севообороте в указанные годы исследований.

В опыте предусматривали:

- разработку режимов орошения и технологий полива для получения высокого урожая с.-х. культур;
- изучение агротехнических приёмов обработки почвы, способствующих улучшению водно-воздушного режима почвы и повышению продуктивности зерновых и кормовых культур, восстановлению почвенного плодородия.

Опыт проводили на склоновых землях. Участки были расположены в верхней части склона с уклоном 14% (слабопокатый) и в нижней части склона с уклоном 7% (пологий). Повторность опыта трёхкратная. Размещение вариантов методом организованных повторений. Экспозиция склона южная. Протяжённость 120 м. Предполивной порог влажности почвы допускался не ниже 75%. Исследования проводились согласно общепринятым методикам и рекомендациям [5-11]. Методика полевого опыта (Доспехов, 1985). Водно-физические свойства почвы определялись по методикам А.А. Роде и Н.А. Качинского. Фактическая поливная норма учитывалась с помощью дождемеров Давитая. Расчёт поливной нормы проводили по формуле А.Н. Костякова. Влажность почвы – методом термостатной суши. Фенологические наблюдения проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Учёт урожая проводили сплошным методом. Поливы осуществляли дождевальную установкой с интенсивностью дождя $I=0,28$ мм/мин. Характерные годы определили по формуле Н.Н. Иванова. Статистическая обработка результатов исследований – методом дисперсионного анализа для многофакторных опытов (Доспехов Б.А.). Система удобрений рассчитана с учётом агрохимической характеристики пахотного слоя на положительный баланс питательных элементов (табл. 1).

В последнее время в земледелии на склоновых землях наблюдается тенденция упрощения и несоблюдения разработанных в предыдущие годы эффективных систем почвозащитного земледелия.

Это обусловлено стремлением сельхозпроизводителей к максимальному получению прибыли при минимальных затратах, отсутствием должного контроля и ответственности за состояние плодородия почв.

Среднегодовые потери почвы при совместном проявлении водной эрозии и дефляции оцениваются примерно в 15 т/га. Можно ожидать, что общие потери почвы с эродированных и дефлированных сельскохозяйственных угодий составят приблизительно 750800 млн т, в которых содержится 32 млн т. гумуса, 4,8 млн т. валового фосфора, 60 млн т. калия, 8,8 млн т. общего азота. Это эквивалентно следующему количеству минеральных удобрений: 26,4 млн т. аммиачной селитры, 9,6 млн т. суперфосфата, 100 млн т. хлористого калия. 4

Наблюдается снижение содержания гумуса и элементов питания в почвах сельскохозяйственных угодий практически во всех регионах России. К настоящему времени 46% пахотных земель имеет низкое содержание гумуса [12].

Длительное применение почвозащитных технологий способствует увеличению содержания гумуса во всех вариантах почвозащитной обработки почвы, по сравнению

Таблица 1. Система удобрений под культуры севооборота, кг/га д.в.
Table 1. Fertilizer system for crop rotation, kg / ha a.v.

Культура	основное			припосевное			подкормка		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Овёс	-	-	60	70	-	-	-	-	-
Ячмень + мн.травы	-	-	50	90	-	-	-	-	-
Мн. травы 1 г.п.	-	-	-	-	-	-	95	80	170
Мн. травы 2 г.п.	-	-	-	-	-	-	35	80	170
Озимая пшеница	55	60	120	-	15	-	55	-	-

Результаты

В настоящее время среди проблем сельского хозяйства важное место занимает деградация почвенного покрова вследствие водной эрозии. Возникновение ирригационной эрозии определяется сочетанием природных факторов и хозяйственной деятельности человека. В зависимости от почвенно-геоморфологических условий и используемой дождевальной техники величина поверхностного стока при ирригационной эрозии нередко составляет 10-20% от поливной нормы [3].

нию с исходным уровнем. Перед закладкой опыта гумуса содержалось 1,36%, через 25 лет ведения опыта в условиях Нечерноземья средневзвешенная по содержанию гумуса составила 1,65% в пахотном слое, рост составил 0,29% [4].

Нашими исследованиями установлено, что в среднем ежегодно на склоновых участках Нечерноземья почвы теряют из слоя 0-40 см с поверхностным стоком фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 7.3-45.8 кг/га. Результаты химического анализа поверхностно стекающих вод представлены в таблице 2.

Таблица 2. Потери питательных веществ с поверхностным стоком при дождевании, т = 30 мм (в среднем за 2011-2012 годы)
Table 2. Loss of nutrients with surface runoff during raining, t q 30 mm (average for 2011-2012)

Вариант обработки	Всего хим. элементов, кг/га	В том числе		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
Крутизна склона 7%				
Поверхностная	99,4	2,5	5,2	10,8
Вспашка	112,0	2,0	5,9	7,9
Вспашка + щелевание	67,7	0,7	2,3	4,6
Крутизна склона 14%				
Поверхностная	286,4	6,0	28,9	45,8
Вспашка	217,9	3,4	11,6	26,7
Вспашка + щелевание	102,3	1,4	5,7	7,3

При противоэрозионных приёмах обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов была в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%. Поверхностный сток перераспределяет вещества по длине склона, следовательно, нужно это учитывать при химических мелиорациях почв склонов и осуществлять дифференцированное внесение удобрений и извести.

После проведения химического анализа пахотного слоя почвы выяснилось, что максимальное содержание гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия отмечается в нижней части склона, что связано с процессами смыва и намыва почвы [12].

Если говорить о влиянии обработки на содержание основных элементов питания, то наибольшее количество питательных веществ содержится при поверхностной обработке склона крутизной 7% (2.99% гумуса, 50.71 мг/кг фосфора, 49.12 мг/кг калия), а наименьшее при вспашке на склоне крутизной 14% (2.68% гумуса, 45.73 мг/кг фосфора, 44.78 мг/кг калия) [3].

Нашими исследованиями также установлено, что наибольшей плотностью (1.37-1.4 г/см³) обладала почва при поверхностной обработке, наименьшей (1.29-1.33 г/см³) – при вспашке со щелеванием (табл.3). За три года исследований плотности почвы при вспашке со щелеванием наблюдалась тенденция снижения в среднем на 1.5% (на склоне крутизной 7%) и на 2.2% (на склоне крутизной 14%).

Применение щелевания на глубину 40-50 см. оказало положительное влияние на структурное состояние эродированной почвы. Так, коэффициент структурности на этом варианте на склоне крутизной 7% составил 2.61, на склоне крутизной 14% – 2.34. Количество водопрочных агрегатов на варианте вспашки со щелеванием также было наибольшим (45.0 % на склоне крутизной 7%, 41.2% – на склоне крутизной 14%). С физическим состоянием почв тесно связана её водопроницаемость. Наилучшая водопроницаемость (11.3 мм/час – на склоне крутизной 14% и 12.1 мм/час – на склоне крутизной 7%) также отмечалась при вспашке со щелеванием, наихудшая (5.7 мм/час – на склоне крутизной 14% и 6 мм/час – на склоне крутизной 7%) – при поверхностной обработке.

На основании исследований в длительном стационарном опыте нами подтверждена закономерность

перераспределения гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия на склоновых землях. На нижних элементах склона происходит накопление питательных веществ, что связано с процессами смыва почвы и питательных веществ поверхностным стоком с верхних элементов склона. Наибольшее содержание органического вещества и питательных веществ в пахотном слое приурочено к варианту поверхностной обработки почвы на склоне крутизной 7% (2.99% гумуса, 507.1 мг/кг фосфора, 491,20 мг/кг калия). Экспериментально установлено, что вымывание калия из пахотного слоя почвы происходит интенсивнее по сравнению с другими химическими элементами.

При орошении дождеванием ежегодные потери питательных веществ с поверхностным стоком из слоя 0-40 см на склоновых землях составляют: фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 4.6-45.8 кг/га [6, 7, 8, 15]. В вариантах противоэрозионных приёмов обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%.

Прерывистое дождевание способствует снижению вероятности возникновения поверхностного стока и ирригационной эрозии на склоновых землях. Средняя глубина промачивания почвы при таком способе орошения наибольшая (15-18 см), а величина поверхностного стока наименьшая (2-6 мм).

При расчёте режимов орошения следует учитывать разницу в водопотреблении между верхним и нижним элементами склона, которая составляет 12-15 мм.

В верхней части склона необходимо проводить на 1-2 полива больше, чем в основании. Дифференцированные поливы позволяют экономить оросительную воду на 10-15%.

Также при проведении исследований в длительном стационарном опыте нами были определены гидротермические режимы в характерные годы (табл. 4) и оптимальные оросительные нормы, поддерживающие гидротермический коэффициент на уровне 0,9-1,1 и способствующие нормальному почвообразовательному процессу на склоновых землях (таблица 4). 5. Характерные годы определялись по разности между суммой осадков и испарения.

Таблица 3. Средние величины некоторых агрофизических свойств пахотного слоя дерново-подзолистей почвы (2011-2012 годы)
Table 3. Averages of some agrophysical properties of arable layer of turf-subsolous soil (2011-2012)

Вариант обработки	Плотность почвы, г/см ³	Коэффициент структурности	Количество водопрочных агрегатов, %	Водопроницаемость, мм/час
Крутизна склона 7%				
Поверхностная	1,37	2,68	43,3	6,0
Вспашка	1,33	2,37	39,1	6,1
Вспашка + щелевание	1,29	2,61	45,0	12,1
Крутизна склона 14%				
Поверхностная	1,40	2,41	40,1	5,7
Вспашка	1,36	2,21	38,5	6,0
Вспашка + щелевание	1,33	2,34	41,2	11,3
НСР	0,05	0,32	3,69	0,44

Таблица 4. Гидротермические режимы в характерные годы
Table 4. Hydrothermal modes in characteristic years

Показатели	Годы			
	средне сухой	средний	сухой	средне влажный
Сумма температур >10°C	2247	2236	2416	2462
Радиационный баланс земной поверхности ®*, ккал/см2 в год	37,1	37,0	39,2	39,7
Годовая сумма осадков (ΣР), мм в год	405,5	426,6	371,5	522,0
Гидротермический коэффициент () в природных условиях	1,52	1,44	1,76	1,38

Анализируя данные таблицы 4 можно сказать, что самым неблагоприятным по соотношению радиационного баланса и осадков был сухой год, когда гидротермический коэффициент $\bar{R} = 1,78$ вплотную приблизился к критическому значению 1,8. Наиболее близкими к оптимальным были гидротермические коэффициенты средне влажного года ($\bar{R} = 1,38$) и среднего года ($\bar{R} = 1,44$). Поэтому, добиться оптимальных значений гидротермического коэффициента, возможно только применяя орошение.

Оросительную норму в зависимости от требуемого гидротермического режима можно рассчитать по формуле:

$$M = \left(\frac{R_t}{R} \right) - P, \quad (2)$$

на склоне крутизной 14% – 2.34. Количество водопрочных агрегатов было наибольшим (45.0% – на склоне крутизной 7%, 41.2 % – на склоне крутизной 14%).

Щелевание способствует заметному увеличению водопроницаемости почвы (она достигла 11.3 мм/час на склоне крутизной 14%, 12.1 мм/час – на склоне крутизной 7%). Это увеличивает водопоглотительную способность и способствует накоплению влаги в метровом слое почвы.

Сочетание щелевания с зяблевой вспашкой оказывает благоприятное влияние на величину плотности почвы, которая на этом варианте была наименьшей (1.29-1.33 г/см³) и за три года исследований имела тенденцию к снижению (в среднем на 1.5% – на склоне крутизной 7%, на 2.2% – на склоне крутизной 14%).

Таблица 5. Расчетные оросительные нормы (м³/га), для различных значений гидротермического коэффициента
разных по обеспеченности осадками и температурой лет

Table 5. Estimated irrigation rates (m³/ha), for different values of hydrothermal coefficient different in precipitation and summer temperature

Гидротермический коэффициент	Годы			
	средне сухой	средний	сухой	средне влажный
0,9	3230	3000	3980	2570
1,0	2500	2270	3210	1790
1,1	1900	1680	2580	1160

Из данных, приведенных в таблице 5, следует, что для обеспечения благоприятных условий почвообразования в Центральной Нечерноземной зоне РФ и произрастания растений оросительные нормы составляют в зависимости от свойств почв и вида культур для разных по обеспеченности осадками и температурой лет 1160-3980 м³/га в год [4]. Полученные значения оросительных норм коррелируются с рекомендуемыми размерами для средних и сухих по обеспеченности осадками и температурой лет.

Применение щелевания на глубину 40-50 см оказывает положительное влияние на структурное состояние эродированной почвы. Коэффициент структурности в этом варианте на склоне крутизной 7% составил 2.61,

Максимальная урожайность возделываемых культур (3,15 т корм. ед.) отмечена при орошении в варианте вспашки со щелеванием. Прибавка урожая овса от орошения составила в среднем 1.05-1.13 т/га, ячменя – 0.92-1.23 т/га, многолетних трав первого года пользования (сухая масса) – 0.69-1.00 т/га, при урожайности в контроле: 2.38-2.58 т/га – овёс, 1.93-2.39 т/га – ячмень, 3.09-3.2 т/га – многолетние травы.

Максимальный экономический эффект применения орошения на склоновых землях в период исследований достигнут при возделывании ячменя с подсевом многолетних трав. Дополнительные затраты на орошение в условиях засушливого вегетационного периода окупались значительной прибавкой урожая (1.35 т/га –при

поверхностной обработке склона крутизной 7%, 1.33 т/га – при вспашке со щелеванием склона крутизной 14%).

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия при разработке приёмов современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны, на склонах южной экспозиции, крутизной 7%, 14% и протяжённостью 120 м, для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур, рекомендуется производить прерывистый полив: сначала малой поливной нормой (100-300 м/га), который смачивает верхний слой почвы, вытесняет почвенный воздух, подготавливает почву к основному поливу. Для условий

Нечернозёмья, рекомендуемый размер оросительной нормы для средних по обеспеченности осадками и температурой лет – 1400-1500 м³/га и 2400-2500 м³/га – для сухих лет. Такие нормы формируют оптимальные условия для почвообразовательных процессов, воспроизводства плодородия и развития растений на склоновых землях. В целях защиты от водной эрозии и деградации дерново-подзолистых почв на склонах южной экспозиции, рекомендуется проводить вспашку со щелеванием на глубину 40-50 см и расстоянием между щелями 7-8 м в почвозащитном севообороте с чередованием культур: 1) ячмень + многолетние травы, 2) многолетние травы, 3) многолетние травы, 4) озимые, 5) овёс.

Об авторах:

Николай Николаевич Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Марина Владимировна Климакина – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0002-2673-4964>

Елена Владимировна Мацыганова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0001-8207-2718>

About the authors:

Nikolay N. Dubenok – Academician of the RAS, Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Head of Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Marina V. Klimakhina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0002-2673-4964>

Elena V. Matsyganova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0001-8207-2718>

• Литература

1. Официальный сайт Росреестра. Электронный ресурс. Режим доступа: www.rosreestr.ru, свободный.
2. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрохимического режима орошения. С.-П.: Гидрометеиздат, 1995. 359 с.
3. Дубенок Н.Н., Калинин Р.В., Климакина М.В., Шумакова К.Б., Мацыганова Е.В. Суммарное водопотребление зерновых культур на склоновых землях центрального района РФ и зональные биоклиматические коэффициенты. *Овощи России*. 2020;(6):120-125. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-120-125>
4. Баздырев Г.И., Павликов М.А. Агроэкологическая и агрономическая эффективность почвозащитных приёмов обработки почвы и средств химизации на склоновых землях. *Известия ТСХА*. 2004;(2):3-16.
5. Климакина М.В., Мацыганова Е.В. Актуальные проблемы землеустройства земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. *Доклады ТСХА*. 2020;292(2):529-533.
6. Калинин Р.В., Климакина М.В., Шумакова К.Б., Мацыганова Е.В., Дудиков Н.К. Микробиологическая характеристика почвы при возделывании овощных культур на капельном поливе в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019;(2):18-22.
7. Евграфов А.В., Климакина М.В., Мацыганова Е.В. Особенности формирования поверхностного стока при поливе дождеванием в агроландшафтах Нечернозёмья. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2013;(4):13-17.
8. Дубенок Н.Н., Климакина М.В. Обоснование необходимости страхового орошения сельскохозяйственных культур в Нечернозёмной зоне РФ. *Достижения науки и техники АПК*. 2010;(4):46-47.
9. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Л.: Гидрометеиздат, 1937. С.5-27.
10. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
11. Иванов Н.Н. Мировая карта испаряемости. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 39 с.
12. Панов Н.П., Мамонтов В.Г. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации. М.: Россельхозакадемия, 2001. 253 с.
13. Давитая Ф.Ф., Мельник Ю.С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 69 с.
14. Kotaiah Swamy, D., Rajesh, G., Jaya Krishna Pooja, M., Rama Krishna, A. Microcontroller Based Drip Irrigation System International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE). 2013;1(6). April
15. Postel S. Drip Irrigation Expanding Worldwide. Water Currents. *National Geographic*. Режим доступа: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/06/25/drip-irrigation-expanding-worldwide>

• References

1. The official website of Rosreestr. [Electronic resource]. Access mode: www.rosreestr.ru, free.
2. Parfenova N.I., Latticetina N.M. Environmental Principles of Regulation of Hydrochemical Irrigation Regime. S.-P.: Hydrometeoizdat, 1995. 359 p. (In Russ.)
3. Dubenok N.N., Kalinichenko R.V., Klimakhina M.V., Matsyganova E.V., Shumakova K.B. Total water consumption of cereals on the slopes of the Central District of Russia and zoned bioclimatic ratios. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):120-125. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-120-1>
4. Bazdyrev G.I., Pavlikov M.A. Agroecological and agronomic efficiency of soil-protection materials of soil treatment and chemical treatment on the slopes. *News of TSHA*. 2004;(2):3-16. (In Russ.)
5. Klimakhina M.V., Matsyganova E.V. Actual problems of land management of agricultural land of the Russian Federation. *Reports of the TCHA*. 2020;292(2):529-533. (In Russ.)
6. Kalinichenko R.V., Klimakhina M.V., Shumakova K.B., Matsyganova E.V., Dudakov N.K. Microbiological soil characteristic when cultivating vegetable crops on drip watering in the dry steppe zone of the Lower Volga region. 2019;(2):18-22. (In Russ.)
7. Evgrafov A.V., Klimakhina M.V., Matsyganov E.V. Features of the formation of surface runoff when watering raining in agrolandscapes of the Necherny earth. *Melioration and water management*. 2013;(4):13-17. (In Russ.)
8. Dubenok N.N., Klimakhina M.V. Justification for the need for insurance irrigation of crops in the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *Achievements of science and technology of the APC*. 2010;(4):46-47. (In Russ.)
9. Selyaninov G.T. Method of agricultural climate characteristics. L.: Hydrometeoizdat, 1937. p.5-27. (In Russ.)
10. Kostyakov A.N. Basics of Reclamation. M.: Agricultural, 1960. 622 p. (In Russ.)
11. Ivanov N.N. World evaporation map. L.: Hydrometeoizdat, 1957. 39 p. (In Russ.)
12. Panov N.P., Mammoth V.G. Soil processes in irrigated black soils and chestnut soils and ways to prevent their degradation. M.: Rosselkhozakademia, 2001. 253 p. (In Russ.)
13. Davitaya F.F., Melnik ZH. Problem of evaporation and irrigation standards. - L.: Hydrometeoizdat, 1970. 69 p. (In Russ.)
14. Kotaiah Swamy, D., Rajesh, G., Jaya Krishna Pooja, M., Rama Krishna, A. Microcontroller Based Drip Irrigation System International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE). 2013;1(6). April
15. Postel S. Drip Irrigation Expanding Worldwide. Water Currents. *National Geographic*. Режим доступа: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/06/25/drip-irrigation-expanding-worldwide>



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.



Пастернак Белый аист, Жемчуг, репа Петровская 1, свекла столовая Нежность, морковь Нантская 4

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com