

Овощи России

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

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

2 2022

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal

С Днём
Победы!

МАЯ



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

Вся жизнь – в науке Виктору Федоровичу Пивоварову – 80 лет!



18 апреля 2022 года исполнилось 80 лет со дня рождения и 58 лет трудовой, научной и педагогической деятельности научного руководителя ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» Виктора Федоровича Пивоварова, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика РАН, Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии по науке и технике и премий Правительства РФ (2013 г., 2021 г.).

Пивоваров В.Ф. – ведущий ученый в области экологии, селекции и семеноводства овощных культур, внесший значительный вклад в решение одной из главных задач растениеводства – повышения адаптивности сельскохозяйственных растений к экологическим условиям. Он является основоположником нового научного направления исследований, базирующегося на последовательном использовании различных эколого-географических зон как естественных фитотронов для ускорения и повышения эффективности селекционного процесса. В.Ф. Пивоваровым создана научная школа экологической селекции высококачественных сортов и гетерозисных гибридов овощных культур с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам, высоким потенциалом адаптивности, повышенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантов, устойчивостью к накоплению экотоксикантов.

Уважаемый Виктор Федорович! Сердечно поздравляем Вас со славным юбилеем! Желаем Вам крепкого здоровья, активного долголетия, неисчерпаемого оптимизма, новых творческих свершений и реализации намеченных планов. Благополучия Вам и Вашим близким!

Коллектив ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»



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, советник председателя совета директоров, ГК "ЭФКО", г. Москва, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Адрес учредителя и редакции: 143080, Россия,

Московская область, Одинцовский район,

п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

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

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

Тираж 100 экземпляров.

Дата выхода в свет: 25.04.2022

Цена свободная

Отпечатано в типографии: Акционерное общество «Соломбальская типография».

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

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

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

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

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

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

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

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



Editor in chief

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Circulation is 100 copies. Free price. Published: 25.04.2022

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

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

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

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

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

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

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



СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**Коротцева И.Б.**

Супротивное расположение листьев у огурца.5

Завгородний С.В., Иванова Л.П., Аленичева А.Д., Щуклина О.А., Квитко В.Е., Упелниек В.П.Морфобиологические и хозяйственно ценные особенности образцов из современной коллекции трититригии (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) ГБС РАН.10**Король В.Г.**

Рост междоузлий и ветвление побегов у растений томата.15

Скорина В.В., Петренко А.В.

Сравнительная оценка образцов укропа пахучего по урожайности и экологической стабильности.20

Бухаров А.Ф., Харченко В.А., Еремина Н.А.Особенности проявления морфометрических параметров семян в популяциях кервеля овощного (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm).26**ОВОЩЕВОДСТВО****Петренко А.В.**Оценка образцов укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) по комплексу хозяйственно ценных признаков.31**Заячковский В.А., Молдаван А.И., Терешонок В.И., Харченко В.А.,****Антошкина М.С., Павлов Л.В., Голубкина Н.А., Степанов В.А.**

Факторы, влияющие на уровень общей антиоксидантной активности и содержание полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы в процессе приготовления и хранения.36

ЛУГОВОДСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ**Быкова О.А., Сидельников Н.И., Тхаганов Р.Н., Тхаганов В.Р.**Способы размножения и биопродуктивность маклеи кьюской (*Macleaya x kevensis* Turill) в Западном Предкавказье.44**ПЛОДОВОДСТВО****Иванова Т.Е., Лекомцева Е.В., Несмелова Л.А., Соколова Е.В., Тутова Т.Н.**

Эффективность использования микробиологических удобрений при выращивании земляники садовой на дерново-среднеподзолистой почве.50

АГРОХИМИЯ**Молдаван А.И., Харченко В.А., Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Карузо Д.**

Внекорневое обогащение кервеля селеном и йодом на фоне использования микроудобрения силиплант, содержащего кремний.57

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ**Мацшина Н.В., Боровая С.А.**

Фузариоз гречихи посевной в Приморском крае.65

Солдатенко А.В., Меньших А.М., Ирков И.И., Иванова М.И.

Повышение конкурентоспособности овощных культур посредством устойчивых методов борьбы с сорными растениями.72

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ**Куркина Ю.Н.**

Структура микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного.88

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ**Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В.**

Вся жизнь – в науке.94

BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Korottseva I.B.

The opposite arrangement of the leaves of the cucumber.5

**Zavgorodny S.V., Ivanova L.P., Alenicheva A.D., Shchuklina O.A.,
Kvitko V.E., Klimenkova I.N., Soloviev A.A., Upelnik V.P.**

Morphobiological and economically valuable features of samples
from the modern collection of trititrigia (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) MBG RAS. 10

Korol V.G.

Growth of internodes and branching of a tomato plant. 15

Skorina V.V., Piatrenka A.V.

Comparative assessment of yield and environmental stability of common dill samples. 20

Bukharov A.F., Kharchenko V.A., Eremina N.A.

Features of the manifestation of morphometric parameters
of seeds in populations of vegetable chervil (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm). 26

VEGETABLE PRODUCTION

Piatrenka A.V.

Assessment of samples of common dill (*Anethum graveolens* L.)
by a complex of valuable characteristics. 31

**Zayachkovsky V.A., Moldovan A.I., Tereshonok V.I., Kharchenko V.A.,
Antoshkina M.S., Pavlov L.V., Golubkina N.A., Stepanov V.A.**

Factors affecting total antioxidant activity and polyphenol content
in beet root chips during production and storage. 36

MEADOW AND MEDICINAL ESSENTIAL OIL CROPS

Bykova O.A., Sidelnikov N.I., Thaganov R.N., Thaganov V.R.

Reproduction methods and bioproductivity
of *Maclea x kevensis* Turill in the Western Caucasus. 44

HORTICULTURE, VITICULTURE

Ivanova T.E., Lekomtseva E.V., Nesmelova L.A., Sokolova E.V., Tutova T.N.

Efficiency of use of microbiological fertilizers in growing
strawberry garden on soddy-medium podzolic soil. 50

AGROCHEMISTRY

Moldovan A.I., Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Kekina E.D., Caruso G.

Foliar biofortification of chervil with selenium and iodine under silicon containing fertilizer supply. 57

PLANT PROTECTION

Matsishina N.V., Borovaya S.A.

Fusarium blight of common buckwheat in Primorsky krai. 65

Soldatenko A.V., Menshich A.M., Fedosov A.Yu., Irkov I.I., Ivanova M.I.

Increasing the competitiveness of vegetable crops
to weeds by improving control methods. 72

AGRICULTURE

Kurkina Yu.N.

Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts. 88

ANNIVERSARIES

Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V.

All life is in science. 94

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-9>
УДК 635.63:581.144

И.Б. Коротцева

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

*Автор для переписки: korottseva@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Коротцева И.Б.

Супротивное расположение листьев у огур-
ца. *Овощи России*. 2022;(2):5-9.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-9>

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Принята к печати: 21.02.2022

Опубликована: 25.04.2022

Irina B. Korottseva

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

*Corresponding author: korottseva@mail.ru

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

For citations: Korottseva I.B. The opposite
arrangement of the leaves of the cucumber.
Vegetable crops of Russia. 2022;(2):5-9.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-5-9>

Received: 17.01.2022

Accepted for publication: 21.02.2022

Published: 25.04.2022

Супротивное расположение листьев у огурца



Резюме

Актуальность. Супротивное расположение первого и второго настоящих листьев в рассаде огурца можно отнести к нежелательным морфозам. Предполагают, что в рассаде некоторых гибридов огурца супротивное расположение листьев является нормальной реакцией на локальный сбой микроклимата. Была поставлена задача выяснить насколько часто этот признак встречается у рассады огурца и передается ли он в следующих поколениях при семенном размножении.

Материал и условия Исследования проводили на селекционном материале лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур (100-142 образца огурца) на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО в 2019-2021 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях рассадного отделения зимней теплицы типа «Ришель». Посев семян огурца на рассаду проводили: 10-13 января, 15 марта и 5 мая. Рассаду выращивали на стеллажах в пластиковых горшочках с торфосмесью объемом 0,7 л в соответствии с общепринятой технологией выращивания. В зимний период – с досвечиванием, в весенний – без искусственного досвечивания.

Результаты. Из года в год одни и те же селекционные образцы огурца имели растения с супротивным расположением первого и второго настоящих листьев, при этом они в значительной степени различались между собой по числу таких растений, были различия и между семьями одного происхождения. Все это говорит о том, что признак обусловлен генетически. При посеве семян огурца на рассаду 10-13 января, в зависимости от года исследований и генотипа используемого материала, было выявлено от 18,3 до 25,6% образцов с супротивным расположением первого и второго настоящих листьев. У рассады для весенней отапливаемой теплицы (посев 15 марта) таких образцов было около 15%, а не отапливаемой (посев 5 мая) – 11,0%. В целом, общее количество растений с супротивным расположением настоящих листьев в первом узле было небольшим и колебалось, в зависимости от условий выращивания и генотипа изучаемых образцов от 4,2 до 11,5% от общего количества изучаемых растений. При посеве семян огурца в зимний период 2019 года, по сравнению с 2020 и 2021 годами, растений с супротивным расположением листьев было в 2,4 и 1,5 раза больше. Это можно объяснить тем, что при высадке рассады семьи с большим количеством растений с супротивно расположенными листьями были отбракованы. Отбраковывали и ослабленные растения с супротивными листьями внутри семьи. Следует отметить, что растения с супротивным расположением листьев имели лишь те гибриды F₁, родительские формы которых также отличались этим недостатком. Таким образом, отбирая родительские формы, не имеющие супротивного расположения листьев, можно создать гибриды, которые не будут резко реагировать на ухудшение условий выращивания путем закладки супротивных листьев.

Ключевые слова: огурец, защищенный грунт, качество рассады, супротивно расположенные листья, селекция

The opposite arrangement of the leaves of the cucumber

Abstract

Actuality. The opposite arrangement of the first two leaves in cucumber seedlings can be attributed to undesirable morphoses. The task was set: "To find out how often this sign occurs in cucumber seedlings and whether it is transmitted in the next generations during seed propagation."

Material and conditions. The research was carried out on the cucumber breeding material of the laboratory of selection and seed production of pumpkin crops (100-142 samples) on the basis of the Federal Scientific Vegetable Center in 2019-2021 in the Moscow region in the conditions of the seedling department of the winter greenhouse. Sowing of cucumber seeds for seedlings was carried out on January 10-13, March 15 and May 5. Seedlings were grown on racks in plastic pots with a 0.7 l peat mixture in accordance with the generally accepted cultivation technology. In winter – with additional illumination, in spring – without artificial illumination.

Results. From year to year, almost the same selection samples of cucumber had plants with the opposite arrangement of the first real leaves. These samples differed significantly in the number of plants with an unconventional arrangement of the first true leaves, but there were differences, sometimes very strong, between families of the same origin. All this suggests that the trait is genetically determined. When sowing cucumber seeds for seedlings on January 10-13, depending on the year of research and the genotype of the material used, from 18.3 to 25.6% of samples were identified that had plants with the opposite arrangement of the first and second true leaves. In seedlings for a spring heated greenhouse (sowing on March 15), there were about 15% of such samples, and 11.0% for non-heated ones (sowing on May 5). In general, the total number of plants with the opposite arrangement of real leaves in the first node was small and varied, depending on the growing conditions and the genotype of the studied samples, from 4.2 to 11.5% of the total number of studied plants. When sowing cucumber seeds at the same time, in the winter of 2019, compared to 2020 and 2021, there were 2.4 and 1.5 times more plants with the opposite arrangement of the first two real leaves. This can be explained by the fact that when planting seedlings, families with a large number of plants with opposite leaves were rejected. Weakened plants with opposite leaves within the family were also rejected. As a result, the material involved in further work had fewer plants with an unconventional arrangement of the first true leaves. It should be noted that plants with opposite leaf arrangement had only those F₁ hybrids whose parent forms also differed in this disadvantage. It can be concluded that by selecting parent forms that do not have opposite leaf arrangement, it is possible to create hybrids that will not react sharply to the deterioration of growing conditions by laying opposite leaves.

Keywords: cucumber, protected soil, seedling quality, opposite leaves, selection

Введение

Огурец – одна из ведущих овощных культур, возделываемых в открытом и защищённом грунте. В настоящее время огурец возделывают почти во всех странах мира на общей площади около 300 тыс. га, а его промышленным производством занимаются в 70 странах, лидерами среди которых являются Китай, Иран, Турция и Россия [1].

Использование защищенного грунта обеспечивает равномерное поступление овощной продукции в течение года, в том числе и во внесезонный период. Современные тепличные комбинаты – это организационная структура с интенсивным круглогодичным функционированием. Считается, что гектар остекленных теплиц по количеству получаемой овощной продукции соответствует объемам производимых овощей в открытом грунте на площади 20-30 га [2]. В РФ в 2019 году общая площадь защищенного грунта, включая весенние теплицы и парники, в сельскохозяйственных организациях, в том числе малых, составила 4.9 тыс. га [3].

Использование рассады в защищенном грунте позволяет обеспечить забег в развитии растений, затратить меньше тепла, электроэнергии и занять на определенный период значительно меньшую культивационную площадь. Рассада огурца должна быть крепкой, коренастой, не иметь никаких отклонений, лишь в этом случае растения лучше приживаются, их удобно транспортировать и высаживать [4]. Поэтому, в наших исследованиях рассаде огурца уделялось большое внимание.

У огуречного растения листья черешковые, сердцевидные, по форме трехлопастные и пятилопастные. Обычно листья на стеблях расположены поочередно, иногда супротивно [5]. Супротивное расположение первых настоящих листьев можно отнести к довольно распространенным морфозам огуречной рассады. Под термином «морфоз», введенным Саксом в 1880 году, понимается изменение структуры растений под влиянием средовых воздействий в процессе онтогенеза. Морфозы в природных популяциях растений, как и в сортопопуляциях – явление достаточно редкое [6]. Еще в старинных иллюстрациях в Европе можно встретить изображение огурца с плодами грушевидной формы, которые по индексу плода больше соответствуют андромоноцидным формам, с двумя нижними листьями, расположенными супротивно [7]. Интересно, что грушевидный бугорчатый огурец с противоположными листьями также был изображен в ботанических гербариях Шабри (1666), Жерара (1597) и Табернаемонтани (1664) [8,9,10].

Считают, что супротивное расположение листьев у огурца обусловлено одним рецессивным геном «орр», который очень трудно выявить, так как он не всегда себя проявляет. Зачастую этот ген связан с признаком андромоноцидности [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Робинсоном (1987) был описан сорт огурца Lemon с одним рецессивным геном, обуславливающим супротивное расположение первых настоящих листьев и андромоноцидный половой тип [12].

Предполагают, что в рассаде некоторых гибридов огурца супротивное расположение листьев является нормальной реакцией на локальный сбой микроклимата. Некоторые связывают это с дефицитом влажности воздуха при выдвигении первого настоящего листа, с

проблемами с поливом, сквозняками, концентрацией питательного раствора и т.д. [17].

Обычно супротивное расположение настоящих листьев у огурца отмечают в первом узле, в дальнейшем растение развивается нормально, и в следующих узлах листья располагаются поочередно. Следует отметить, что даже супротивное расположение двух первых настоящих листьев может привести к отставанию в росте рассады. На тепличных комбинатах растения с супротивным расположением первых настоящих листьев зачастую выбраковывают [18]. При гибридном семеноводстве огурца также рекомендуется удалять растения с супротивным расположением первых настоящих листьев при выбраковке рассады [19,20]. Поэтому изучение морфозов рассады и, в частности, с супротивным расположением листьев, является весьма актуальным.

Была поставлена задача: выяснить насколько часто этот признак встречается в рассаде огурца и передается ли он в следующих поколениях при семенном размножении.

Материал и условия проведения опытов.

Исследования проводили на селекционном материале огурца лаборатории селекции и семеноводства тыквенных культур на базе головного учреждения ФГБНУ ФНЦО в 2019-2021 годах в Одинцовском районе Московской области в условиях рассадного отделения зимней теплицы типа «Ришель». Ежегодно в первом обороте зимней теплицы изучали около 130, в весенней обогреваемой – 100, в весенней не обогреваемой теплице – 142-х коллекционных и селекционных образцов огурца.

Посев семян огурца на рассаду для зимней теплицы «Ришель» проводили 10-13 января, для отапливаемой весенней – типа «Голландская» – 15 марта, не отапливаемой весенней – типа «Блочная» – 5 мая. Рассаду выращивали на стеллажах в пластиковых горшочках с торфосмесью объемом 0,7 л. В зимний период – с досвечиванием, в весенний – без искусственного досвечивания. В фазу первого настоящего листа проводили расстановку рассады с целью улучшения освещенности растений. Полив рассады осуществляли по минимуму, с регулярным подсушиванием. Раз в две недели проводили подкормку.

Учеты состояния растений, а также наличие растений с супротивным расположением листьев проводили в фазу двух настоящих листьев. В течение всего вегетационного периода проводили описание растений по всем хозяйственно полезным признакам, в том числе оценивалось и состояние растений.

Результаты исследований и их обсуждение

В наших исследованиях для большинства образцов огурца нормальным являлось поочередное расположение листьев, а супротивное встречалось гораздо реже. Было отмечено, что чаще всего супротивное расположение листьев характерно для двух первых настоящих листьев. Robinson R.W. (1988) также отмечает, что растения, имеющие два супротивных листа в стадии сеянцев, позже зачастую возвращаются к очередному расположению листьев [11]. Такие растения хорошо видны в фазе рассады (рис.1).



**Рис.1. Супротивное расположение первых настоящих листьев у огурца (первый ряд, первое и третье растения)
Fig.1. The opposite arrangement of the first real leaves of a cucumber (first row, first and third plants)**

Как видно на рис.1, супротивно расположенные листья примерно одинакового размера, иногда второй лист немного отстает по развитию от первого.

Гораздо реже супротивное расположение листьев отмечали во втором-третьем узлах (рис.2).



**Рис.2. Супротивное расположение листьев во 2-м узле
Fig.2. Opposite arrangement of leaves in the 2nd node**

Супротивное расположение листьев в верхних узлах чаще всего наблюдали у растений с фасцированным стеблем (рис.3). В опытах Robinson R.W. (1987, 1988) также было обнаружено, что супротивное расположение листьев связано с фасциацией. Все фасцированные растения имели супротивные листья в отдельных узлах главного стебля еще до того, как стебель становился фасцированным. Было высказано предположение, что фасциация и расположение листьев, возможно, связаны вследствие плейотропии [11,12]. В наших опытах, как и в исследованиях Robinson R.W. [11,12], растения с фасцированным стеблем встречались гораздо реже, чем с супротивным расположением первых настоящих листьев. Это обусловлено тем, что частота проявления гена орр была выше для супротивного расположения листьев, чем для фасцированного стебля.



**Рис.3. Огуречные растения с фасцированным стеблем и супротивным расположением листьев
Fig.3. Cucumber plants with fasciated stem and opposite arrangement leaves**

Из года в год, практически одни и те же образцы имели растения с супротивным расположением первых настоящих листьев. Это говорит о том, что признак обусловлен генетически. Возможно, все образцы, представленные в таблице 1, несут ген «орр», обуславливающий супротивное расположение листьев [14]. Эти образцы в значительной степени различались между собой по количеству растений с нетрадиционным расположением первых настоящих листьев, но были различия, иногда очень сильные, и между семьями одного происхождения (табл. 1). Образцы Евгения F₈₋₁₁, Тристан F₄₋₅ и Мамлюк F₂₋₃ имели самое большое количество растений с супротивным расположением листьев. Ежегодно в фазе рассады у образца Евгения F₈₋₁₁ были отмечены растения с нетрадиционным расположением листьев в первом узле у всех семей, полученных в результате инцухтирования. В каждой семье таких растений было от 12.5 до 100%. Только у этого образца за три года исследований не удалось обнаружить ни одной семьи без растений с супротивным расположением первых настоящих листьев. У других образцов, представленных в таблице 1, в отдельные годы, можно было отобрать семьи без растений с супротивными листьями. Линия Престо F₇₋₁₀ лишь один раз в три года имела единичные растения с супротивным расположением двух первых настоящих листьев.

В 2019 году у большинства представленных в таблице 1 образцов огурца было почти в два раза больше растений с супротивным расположением первых настоящих листьев, по сравнению с 2020 и 2021 годами. Это можно объяснить тем, что при высадке рассады семьи с большим количеством растений с супротивно расположенными листьями были отбракованы. Отбраковывали и ослабленные растения с супротивными листьями внутри семьи. В результате, вовлеченный в дальнейшую работу материал имел меньше растений с нетрадиционным расположением первых настоящих листьев.

Таблица 1. Селекционные образцы огурца с супротивным расположением первых настоящих листьев (теплица «Ришель» первый оборот)
Table 1. Selection samples of cucumber with opposite arrangement leaves (greenhouse "Richelle" first turn)

№ п/п	Образец	Количество семей, шт.	Растений с супротивным расположением листьев, %					
			2019 год		2020 год		2021 год	
			min-max	Хср.	min-max	Хср.	min-max	Хср.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Яни F7-10	5	14.3-50.0	32.4	0-14.2	12.1	0-14.2	12.2
2.	Евгения F8-11	5	57.1-100	82.1	12.5-62.5	44.0	44.4-62.5	53.4
3.	10 RP267 F6-9	6	0-71.4	41.3	0-16.3	14.3	0-83.3	41.6
4.	Тристан F4-5	6	14.3-100	63.5	0-75	22.1	0-85.7	33.7
5.	Престо F7-10	8	0	0	0-25	4.7	0	0
6.	Шарж F5-6	6	0-42.8	7.1	0-12.5	4.7	0-14.3	2.4
7.	Мамлюк F2-3	6	50-71.4	60.7	0-85.7	46.4	0-100	45.3
8.	Престиж F6	2	-	-	-	-	42.8-50	46.4

Таблица 2. Перспективные F₁ гибриды огурца (КС, первый оборот)
Table 2. Promising F₁ cucumber hybrids (CS, first turn)

Год	Количество образцов		
	всего, шт.	с супротивным расположением листьев	
		шт.	%
2019	31	4	12.9
2020	22	3	13.6
2021	16	4	25.0

Большинство перспективных гибридов огурца первого поколения, изучаемых в первом обороте зимней теплицы, имели растения только с очередным расположением листьев, не зависимо от года исследований (табл.2).

В зависимости от года исследований и генотипа изучаемых гибридов, образцов с супротивным расположением двух первых настоящих листьев было от 12.9 до 25.0%. Следует отметить, что растения с супротивным расположением листьев имели лишь те гибриды, родительские формы которых также отличались этим недостатком.

В первом обороте зимней теплицы типа «Ришель», в зависимости от года исследований и генотипа изучаемых образцов, было выявлено от 18,3 до 25,6% образцов, которые имели растения с супротивным расположением первого и второго настоящих листьев. В рассаде для весенней отапливаемой теплицы таких образцов было около 15%, а не отапливаемой – 11,0% (табл.3). Как видим, образцов с

супротивным расположением листьев было больше в зимний период по сравнению с весенним: в 2020 году – в 1,5 раза, в 2021 – в 1,7 раз. Однако следует отметить, что общее количество растений с необычным расположением листьев в 2020 году не зависело от срока посева на рассаду и было одинаковым как в зимний, так и весенний период.

В целом, общее количество растений с супротивным расположением настоящих листьев в первом узле было небольшим и колебалось, в зависимости от условий выращивания и генотипа изучаемых образцов, от 4,2 до 11,5% от общего количества изучаемых растений.

При посеве семян огурца в одни и те же сроки в зимний период 2019 года, по сравнению с 2020 и 2021 годами, растений с супротивным расположением двух первых настоящих листьев было в 2,4 и 1,5 раза больше. Как указывалось выше, это объясняется, в основном, отборами по этому признаку.

Таблица 3. Количество образцов и растений огурца с супротивным расположением листьев, % (фаза 2-го настоящего листа)
Table 3. Number of cucumber samples and plants with opposite leaf arrangement, % (phase 2 of the present leaf)

	Дата посева				
	10-12 января			15 марта	5 мая
Год	2019	2020	2021	2020	2021
Количество образцов, %	25.6	22.0	18.3	14.6	11.0
Количество растений, %	11.5	4.7	7.8	4.8	4.2

Выводы

Общее количество растений с супротивным расположением настоящих листьев в первом узле было небольшим и колебалось, в зависимости от условий выращивания и генотипа изучаемых образцов, от 4,2 до 11,5%. Проявление признака «супротивное расположение первых настоящих листьев» обусловлено генетически, но в

значительной степени зависит условий выращивания. Улучшая условия выращивания, можно уменьшить процент растений с супротивными листьями. В то же время, отбирая родительские формы, не имеющие супротивного расположения листьев, можно создать гибриды, которые не будут резко реагировать на ухудшение условий выращивания путем закладки супротивных листьев.

Об авторе:

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

About the author:

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

• Литература

1. Аутко, А.А. В мире овощей. УП «Технопринт», 2004. 568 с.
2. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Мещерякова Р.А., Разин О.А., Сурихина Т.Н., Телегина Г.А. Тепличное хозяйство – обзор текущего состояния отрасли АПК России. *Овощи России*. 2020;(2):3-11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-3-11>
3. <https://specagro.ru/sites/default/files/2020-12/teplichnye-kompleksy-rossii-i-sng.pdf>
4. Коротцева И.Б., Белов С.Н. Оценка рассады огурца на устойчивость к полеганию по длине подсемядольного колена. *Овощи России*. 2020;(5):16-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-16-21>
5. Налобова В.Л., Хлебородов А.Я. Селекция и семеноводство огурца открытого грунта. Минск: Беларус. навука, 2012. 238 с. ISBN 978-985-08-1484-5
6. Полозов Г.Ю., Малков С.В., Барабанщиков Б.И. Индукция морфозов у дикорастущих и культурных растений. *Ученые записки Казанского государственного университета*. 2006; 148(2):134–139.
7. Paris H.S., Daunay M.- C., Pitrat M., Janic J.. First known image of *Cucurbita* in Europe, 1503- 1508. *Annals of Botany*. 2006;98(1):41-47. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl082>
8. Chabrey D. *Stirpium sciagraphia et icones*. Geneva: Gamonet and de la Pierre, 1666. 133–134.
9. Gerard J. *The herball or generall historie of plants*. London: Bolland, 1597; 763: 768–769.
10. Tabernaemontani J.T. *Kraeuter-Buch*. Basel: Koenigs, 1664: 862–866.
11. Robinson R.W. Association with opposite leaf arrangement. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 1988;(11):19.
12. Robinson R.W. Inheritance of opposite leaf arrangement in *Cucumis sativus* L. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 1987;(10):10-11.
13. Weng Y. Cucumber Catalog 2017. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 39&40. (2016-2017):17-54. <http://cuke.hort.nesu.edu/cgcl/>
14. Xie J., Wehner T.C. Gene List 2001 for Cucumber. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 2001;(24):110-136. (PDF) Gene List 2001 for Cucumber (researchgate.net)
15. Pierce L. K., Wehner Todd C. Review of Genes and Linkage Groups in Cucumber. *Hort Science*. JUNE 1990;25(6):605-615.
16. Robinson R.W., Decker-Walters D.S. *Cucurbita*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International, 1997. 64–65 p.
17. Рассада огурца - первый лист нетрадиционной формы - Проблемы с огурцом: физиологические нарушения, болезни и вредители - Портал о теплицах (greentalk.ru) [https://greentalk.ru/topic/856/была на сайте 15.07.2021 г.](https://greentalk.ru/topic/856/была_на_сайте_15.07.2021_g)
18. Юрина О.В. Огурцы. – М.: Московский рабочий, 1985. 143 с.
19. Рекомендации и методические указания по селекции и семеноводству огурца. М.: ВНИИССОК, 1999. 243 с.
20. Юрина О.В., Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводство тыквенных культур в России. М.: ВНИИССОК, 1998. 423 с.

• References

1. Autko, A.A. In the world of vegetables. UP "Technoprint", 2004. 568 p. (In Russ.)
2. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Razin O.A., Surikhina T.N., Telegina G.A. Greenhouse – an overview of the current state of the Russian agricultural sector. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):3-11. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-3-11>
3. <https://specagro.ru/sites/default/files/2020-12/teplichnye-kompleksy-rossii-i-sng.pdf>
4. Korotseva I.B., Belov S.N. Studying the length of the hypocotyl of cucumber seedlings. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(5):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-16-21>
5. Nalobova V.L., Khleborodov A.Ya. Selection and seed production of open ground cucumber. Minsk: Belarus. navuka, 2012. 238 p. ISBN 978-985-08-1484-5 (In Russ.)
6. Polozov G.Yu., Malkov S.V., Barabanshchikov B.I. Induction of morphoses in wild and cultivated plants. *Scientific notes of Kazan State University*. 2006;148(2):134–139. (In Russ.)
7. Paris H.S., Daunay M.- C., Pitrat M., Janic J.. First known image of *Cucurbita* in Europe, 1503- 1508. *Annals of Botany*. 2006;98(1):41-47. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl082>
8. Chabrey D. *Stirpium sciagraphia et icones*. Geneva: Gamonet and de la Pierre, 1666. 133–134.
9. Gerard J. *The herball or generall historie of plants*. London: Bolland, 1597; 763: 768–769.
10. Tabernaemontani J.T. *Kraeuter-Buch*. Basel: Koenigs, 1664: 862–866.
11. Robinson R.W. Association with opposite leaf arrangement. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 1988;(11):19.
12. Robinson R.W. Inheritance of opposite leaf arrangement in *Cucumis sativus* L. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 1987;(10):10-11.
13. Weng Y. Cucumber Catalog 2017. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 39&40. (2016-2017):17-54. <http://cuke.hort.nesu.edu/cgcl/>
14. Xie J., Wehner T.C. Gene List 2001 for Cucumber. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. 2001;(24):110-136. (PDF) Gene List 2001 for Cucumber (researchgate.net)
15. Pierce L.K., Wehner Todd C. Review of Genes and Linkage Groups in Cucumber. *Hort Science*. JUNE 1990;25(6):605-615.
16. Robinson R.W., Decker-Walters D.S. *Cucurbita*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International, 1997. 64–65 p.
17. Cucumber seedlings - the first leaf of an unconventional form - Problems with cucumber: physiological disorders, diseases and pests - Portal about greenhouses (greentalk.ru) [https://greentalk.ru/topic/856/была на сайте 15.07.2021 \(In Russ.\)](https://greentalk.ru/topic/856/была_на_сайте_15.07.2021_g)
18. Yurina O.V. Oгурцы. М.: Moscow worker, 1985. 143 p. (In Russ.)
19. Recommendations and guidelines for breeding and seed production cucumber. М.: VNISSOK, 1999. 243 p. (In Russ.)
20. Yurina O.V., Pivovarov V.F. Selection and seed production of pumpkin crops in Russia. Moscow: VNISSOK, 1998. 423 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-10-14>
УДК 633.11-02:631.524.5

С.В. Завгородний, Л.П. Иванова,
А.Д. Аленичева, О.А. Шуклина*,
В.Е. Квитко, И.Н. Клименкова,
А.А. Соловьев, В.П. Упельник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) 127276, РФ, г. Москва, ул. Ботаническая, д.4

*Автор для переписки: oashuklina@gmail.com

Благодарности: Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№ 122020300187-2)

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: Завгородний С.В., Иванова Л.П., Аленичева А.Д., Шуклина О.А., Квитко В.Е., Клименкова И.Н., Соловьев А.А., Упельник В.П. Морфобиологические и хозяйственно ценные особенности образцов из современной коллекции трититригии (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) ГБС РАН. *Овощи России*. 2022;(2):10-14. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-10-14>

Поступила в редакцию: 19.03.2022

Принята к печати: 07.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Sergey V. Zavgorodny, Lubov P. Ivanova,
Anastasia D. Alenicheva,
Olga A. Shchuklina*, Valeriya E. Kvitko,
Irina N. Klimentkova,
Alexander A. Soloviev, Vladimir P. Upelniek

Federal State Budgetary Institution of science Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MBG RAS) Botanicheskaya st., 4, Moscow, 127276, Russia

*Correspondence Author: oashuklina@gmail.com

Acknowledgments. Study done within the framework of the State Assignment of the MBG RAS (No. 122020300187-2)

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Zavgorodny S.V., Ivanova L.P., Alenicheva A.D., Shchuklina O.A., Kvitko V.E., Klimentkova I.N., Soloviev A.A., Upelniek V.P. Morphobiological and economically valuable features of samples from the modern collection of trititrigia (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) MBG RAS. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):10-14. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-10-14>

Received: 19.03.2022

Accepted for publication: 07.04.2022

Published: 25.04.2022

Морфобиологические и хозяйственно ценные особенности образцов из современной коллекции трититригии (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) ГБС РАН



Резюме

Актуальность. Трититригия (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) – новая синтетическая зернокармальная культура. Современная коллекция отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН насчитывает более 250 перспективных образцов, обладающих рядом хозяйственно ценных признаков. Большая часть образцов обладает высокими показателями качества зерна (белок – 17,9-19,1%, клейковина – 30,2-36,0%). Уникальная способность трититригии в один год давать стабильный урожай высококачественного зерна (3,0-3,2 т/га) и питательный зеленый корм (27,7-35,1 т/га) позволяет рекомендовать ее для выращивания в животноводческих регионах с неблагоприятными условиями возделывания для зерновых культур. Перспективные образцы необходимо использовать в качестве доноров ценных признаков в селекции на качество и адаптивность с целью получения современных высококачественных и адаптивных сортов пшеницы.

Материалы и методы. Исследования проводили в отделе отдаленной гибридизации ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (Московская область, с. Рождествено) в 2008-2016 годах. Объектами исследований являлись перспективные многолетние и отращающие линии трититригии коллекции ГБС РАН. Все образцы были получены в отделе отдаленной гибридизации в разные годы.

Результаты. Установлено, что изучаемые образцы являются стабильными линиями с характерной для трититригии особенностью к созреванию «сверху вниз», способностью некоторых из них в благоприятных условиях произрастать на одном месте 2-3 года, а также уникальной для культурных злаков способностью к формированию побегов возобновления (регенерации) после уборки на зерно или скашивания на зеленую массу. Изучаемые образцы имеют продуктивную кустистость 8-20 стеблей на растение. Длина главного колоса стабильно превышает стандарт озимую пшеницу Московская 39 и составляет в среднем 12-13 см. В колосе формируется от 41 до 97 зерен. Урожайность зерна в конкурсном сортоиспытании за время проведения исследований составила 2,7-3,2 т/га, масса 1000 зерен – 30,1-39,8 г. Сорт Памяти Любимовой, отобранный по ряду хозяйственно ценных признаков, прошел Государственную регистрацию и стал первым сортом трититригии зарегистрированным на территории РФ.

Ключевые слова: трититригия, селекция, сорт, пшенично-пырейные гибриды, отдаленная гибридизация

Morphobiological and economically valuable features of samples from the modern collection of trititrigia (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) MBG RASr

Abstract

Relevance. Trititrigia (*xTrititrigia cziczinii Tzvel.*) this is a new synthetic grain feed crop. The modern collection of the Department of Remote hybridization of the GBS RAS has more than 250 promising samples with a number of economically valuable features. The unique ability of trititrigia in one year to produce a stable yield of high-quality grain (3.0-3.2 t/ha) and nutritious green fodder (27.7-35.1 t/ha) allows us to recommend it for cultivation in regions with unfavorable cultivation conditions for grain crops. Promising samples should be used as donors of valuable traits in breeding for quality and adaptability in order to obtain modern high-quality and adaptive wheat varieties

Material and methods. The research was carried out in the Department of Remote Hybridization of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow region, village of Rozhdestveno) in 2008-2016. The objects of research were: promising long-term and grain-feed lines of trititrigia of the collection of MBG RAS. All samples of trititrigia were obtained in the department of distant hybridization in different years.

Results. As a result of the research, it was found that the studied samples are stable lines with a characteristic feature for trititrigia to ripen from top to bottom, the ability to grow in one place for 2-3 years under favorable conditions, as well as the ability to regenerate after harvesting for grain or mowing for green mass, unique for cultivated cereals. The studied samples have a productive bushiness of 8-20 stems per plant. The length of the main ear consistently exceeds the Moscow winter wheat standard 39 and averages 12-13 cm, in which 41 to 97 grains are formed. The grain yield in the competitive variety testing during the research was 3.2-4.1 t/ha, the mass of 1000 grains was 30.1-39.8 g. The Pamyati Lubimovoy variety, selected for a number of economically valuable characteristics, passed State registration and became the first trititrigia variety registered in the territory of the Russian Federation.

Keywords: trititrigia, breeding, variety, wheat-wheatgrass hybrids, remote hybridization

Введение

Одной из важных проблем сельскохозяйственных и биологических наук является создание более ценных для человека культур, форм и видов растений. Отдалённая межродовая и межвидовая гибридизация является перспективным селекционно-генетическим методом для создания новых форм растений [1]. Первой синтетической зерновой культурой, которая успешно возделывается во многих странах мира является тритикале (*xTriticosecale* Wettm. Ex. A. Camus) –гибрид пшеницы и ржи [2-4]. Использование генов хозяйственно ценных признаков третичного генетического пула (дикорастущих многолетних злаков) может увеличить генетическое разнообразие культурных злаков, что будет способствовать их устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам [5-7]. Гибридизация между представителями видов *Triticum* и *Thinopyrum* получила наиболее успешное развитие в практической селекции. Благодаря этому созданы сорта с *T. aestivum* L. ($2n=42$) и *T. durum* ($2n=28$), обладающие комплексной устойчивостью к ряду заболеваний [8-10]. Программа межвидовой гибридизации, разработанная академиком Н.В. Цициным, была направлена на создание принципиально нового синтетического вида – многолетней пшеницы. В результате длительной работы были получены образцы с октоплоидным набором хромосом ($2n=56$), совмещающие полный хромосомный комплекс мягкой пшеницы ($2n=42$) и один геном пырея ($2n=14$). Первые образцы были получены в 1937 году в результате сложных скрещиваний с участием яровой мягкой пшеницей Саратовская 62 и пырея среднего *Th. intermedium* (Host) Barkworth & D.R. Dewey [syn. *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski] ($2n=6\times=42$), который в дальнейшем успешно вовлекался в гибридизацию во всем мире и повышал устойчивость новых гибридов и сортов к болезням [11-13]. Новые устойчивые образцы были описаны Н.В. Цициным, как *Triticum agropyrotriticum* Cicin – многолетняя пшеница [7]. Однако правильно принято считать название «трититригия» (*xTrititrigia cziczinii* Tzvel.) описанное выдающимся агрологом Н.Н. Цвелёвым в 1976 году [14]. Именно сочетание пырейного генома с полным пшеничным характеризует *xTrititrigia cziczinii* Tzvel., как новую синтетическую культуру с характерными морфобиологическими чертами, которые отличают ее от родительских форм. Всесторонне изучение современной коллекции образцов трититригии позволит выявить наиболее перспективные линии для передачи в Государственную комиссию по сортоиспытанию, а также выявить номера несущие хозяйственно ценные признаки, полученные от дикорастущих злаков, для вовлечения их в селекционный процесс при создании новых сортов озимых и яровых пшениц.

Цель работы – изучение морфобиологических особенностей образцов трититригии из коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН и выявление наиболее перспективных линий для создания новых сортов.

Материалы и методы

Исследования проводили на полях отдела отдалённой гибридизации ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН в 2008-2016 годах. Почва опытных участков дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,9-2,0 %; подвижного P_2O_5 (по Кирсанову) – 12-18 мг на 100 г почвы; обменного K_2O (по Маслову) – 15-23 мг на 100 г почвы; pH солевой вытяжки – 5,6-7,0.

Объектами исследований являлся 71 образец перспективных многолетних и отрастающих линий трититригии (*xTrititrigia cziczinii* Tzvel.) коллекции ГБС РАН. Все образцы трититригии получены в отделе отдалённой гибридизации в разные годы. Закладку полевых опытов, проведение учётов и наблюдений осуществляли по общепринятым методикам для озимых зерновых культур. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [15].

Результаты и обсуждение

Самые первые образцы трититригии (№23086 и №34085) представляли собой мощное растение с прямостоячей формой куста, хорошей облиственностью, высотой 90-100 см, с продуктивной кустистостью составляющей – 5,1. Общая кустистость всех побегов, образующихся за период вегетации, достигала 35 стеблей на одно растение. Колос белый, не поникающий при созревании, полуостистый или безостый, трудно обмолачиваемый. Средняя длина колоса составляла 9-10 см. Число колосков в колосе – 6-18, число цветков в колоске – 5-7 шт. Зерно пшеничного типа, красное. На одном растении созревает от 300 до 350 шт. зерен. Отличительной морфобиологической особенностью трититригии является способность созревать сверху вниз, что свойственно всем многолетним злакам. В то время, когда зерно в колосе находится в стадии полной спелости, стебель и листья остаются в зеленом состоянии. Отмечалась высокая зимостойкость первых образцов, значительно превышающая озимую пшеницу Лютесценс 329, являющуюся эталоном зимостойкости того времени [7]. Следует отметить, что способность к многолетности у трититригии сохраняется только в благоприятные по метеорологическим условиям годы. Образцы М 23086 и М 34085 являлись двуручками, не требующими яровизации для образования генеративных органов. Выход муки из-за глубокой бороздки зерна чуть ниже, чем у пшеницы Лютесценс 62, но при этом содержание сухой клейковины на 4,4% выше (18,8%).

Следующими перспективными образцами являлись М164, М2 и М3, полученные в 1942 году. Так как среди потомства от первых скрещиваний было получено огромное разнообразие растений, то каждое из них, выделяющееся по ряду хозяйственно ценных признаков, легло в основу создания отдельной линии (табл.). Однако многие образцы имели склонность к перекрестному опылению, из-за чего происходило систематическое расщепление по биоморфологическим признакам и, в частности,

Таблица. Морфобиологические особенности первых образцов трититригии, по сравнению с родительскими видами (по Н.В. Цицину, 1978)
Table. Morphobiological features of the first samples of trigia, compared with the parent species (by N.V. Tsitsin, 1978)

Признак	Озимая пшеница (<i>T. aestivum</i>)	Пырей (<i>Th. intermedium</i>)	M2 (<i>xTrititrigia cziczinii</i>)
Цикл развития	однолетний	15 лет и более	2-3 года
Характер опыления	самоопыление	перекрёстное опыление	перекрёстное опыление
Устойчивость к грибным заболеваниям	слабая	сильная	сильная
Отрастание после уборки	отсутствует	сильное отрастание	среднее отрастание
Корневая система	слабая	очень мощная	мощная
Процесс созревания зерна	от соломины к колосу	от колоса к соломине	от колоса к соломине
Продуктивная кустистость, стеблей на растение (куст)	5-10	50-100	20-25
Плотность колоса	плотный	очень рыхлый	рыхлый
Наибольшее число колосков на один колос	25	20	35
Содержание белка, %	15	20	25
Масса 1000 зерен, г	30-50	6	30-33

потеря способности к отрастанию, зимостойкости, многолетности и другим «пырейным» признакам [16, 17].

В результате длительной селекционной работы по подбору пар, многократных межгибридных, возвратных и насыщающих скрещиваний, регулируемых этапов самоопыления были созданы принципиально новые формы трититригии отличающиеся от первых образцов рядом хозяйственно ценных признаков. В настоящий момент коллекция трититригии перспективных стабильных форм отдела отдаленной гибридизации насчитывает около 250 образцов. Они обладают более плотным легко обмолачиваемым колосом, большим количеством более крупных зерновок с колоса, стабильной способностью к самоопылению, высокой продуктивной кустистостью, высокой способностью к регенерации после уборки на зерно (рис. 1).

При изучении коллекции трититригии стандартом являлся сорт Отрастающая 38, являющийся единственным сортом, включенным в Государственный реестр селекционных достижений, как сорт зернокармальной пшеницы. Однако этот сорт имеет октоплоидный набор хромосом ($2n=56$) и является трититригией (*xTrititrigia*).

Анализируя структуру урожая за 2008-2016 годы, можно сказать, что изученные образцы трититригии обладают длиной колоса от 7,9 см (№249) до 18,3 см (№1777). Наибольшее количество образцов (42,2%) имеют среднюю длину колоса от 12,0 до 13,9 см (рис.2). Длина колоса у сорта Отрастающая 38 составляет 13,3 см, что входит в две наиболее крупные группы по этому признаку. Длина колоса образца №5542, который прошел конкурсное сортоиспытание и был передан в Государственную комиссию на регистрацию, как первый сорт трититригии, составила в среднем 10,8 см.



Рис. 1. Растение трититригии (сверху) и озимой пшеницы (снизу)
Fig. 1. A plant of triticaria (above) and winter wheat (below)

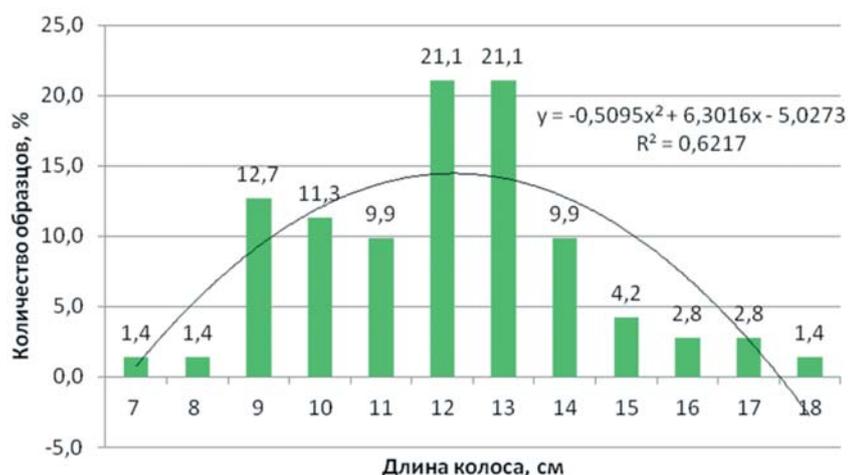


Рис.2. Распределение образцов трититригии по длине главного колоса, %
Fig. 2. Distribution of trititrigia samples along the length of the main ear, %

Большое количество колосков на каждом уступе колосового стержня главного колоса, сочетающееся с высокой озерностью колосков (3-5 зерновок на колосок), дают большое количество зерен с колоса. От этого элемента структуры урожая в значительной степени зависит потенциальная продуктивность зерновых культур [18]. Изучаемые образцы трититригии в среднем содержат от 41 зерновки с колоса (образец №1879) до 97 зерновок (образец №1699). При этом 28,2% образцов образуют в главном колосе 50,6-59,8 шт. зерновок. Самое большое количество образцов (32,4%) образуют 60,6-69,5 зерновок в главном колосе (рис.3). Озимая пшеница Московская 39, много лет являющаяся стандартом в исследованиях с зерновыми культурами в Центральном районе Нечерноземной зоны, образует при разных условиях возделывания в среднем 29-45 зерновок в колосе [19,20].

В колосе сорта Отрастающая 38 в среднем за годы исследований формировалось 55,4 зерен,

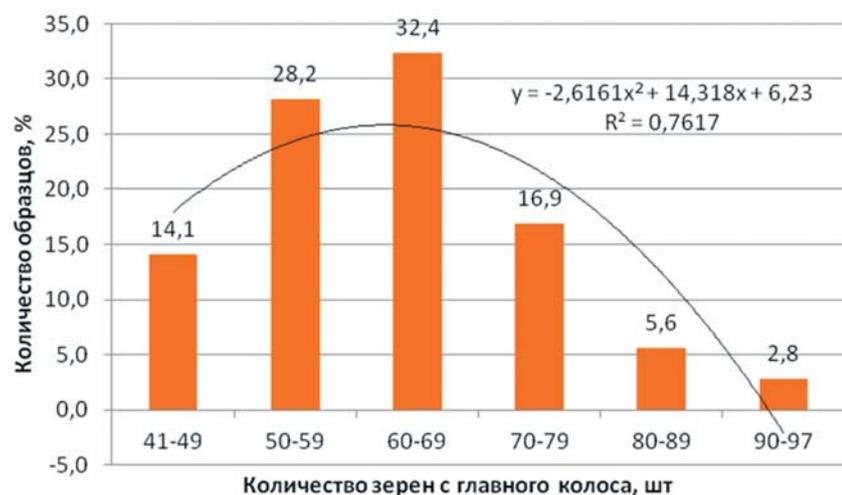


Рис.3. Распределение образцов трититригии по количеству зерен с главного колоса, %
Fig. 3. Distribution of trititrigia samples by the number of grains from the main ear, %

что включает этот сорт во вторую по количеству образцов группу, в эту же группу входит и линия 5542 с количеством зерен 54 шт./колос.

Биологическая особенность трититригии, заключающаяся в непрерывном побегообразовании, не позволяет растениям после цветения направить все физиологические процессы на формирование уже завязавшихся зерен. Так как генеративное развитие сопровождается вегетативным на протяжении всего периода роста [21]. При этом невысокая урожайность зерна компенсируется возможностью получения зеленой питательной массы после основной уборки на зерно [22]. Изучаемые образцы трититригии за все годы исследований, включая крайне засушливый 2010 год, имели урожайность от 0,7 т/га (№1774) до 4,1 т/га (№1546). Распределение образцов по урожайности показывает, что практически половина линий (47,8%) имеет урожайность на уровне 2-3 т/га. Сорт Отрастающая 38 имеет зернокармную направленность, что позволяет его использовать в качестве кормовой культуры для получения зеленого корма. Урожайность зерна в среднем составляет 1,83 т/га. Линия 5542 имеет более высокую урожайность зерна – 2,5 т/га, однако в конкурсном сортоиспытании она показала урожайность 2,9 т/га. Образцы обладающие урожайностью свыше 3 т/га (№1877, №1879, №2087, №12, №161, №226, №5787, №70, №1805, №1546) можно использовать в селекции на продуктивность в регионах с низким плодородием почвы и нестабильными агрометеорологическими условиями возделывания.

Заключение

В результате исследований были отобраны наиболее перспективные образцы, обладающие стабильной в разных метеорологических условиях урожайностью зерна (3,2-4,1 т/га), устойчивостью к заболеваниям и полеганию, устойчивостью к прорастанию на корню, высокой способностью к отращиванию (регенерации) после уборки на зерно, а также имеющие высокие показатели качества зерна по белку (14,9-16,3%). Промежуточным итогом изучения образцов трититригии современной коллекции ГБС РАН является передача образца №5542 под названием «Памяти Любимовой» в Государственную комиссию по сортоиспытанию и официальная регистрация второй в истории мирового земледелия синтетической зерновой культуры – трититригии [23].

Об авторах:

Сергей Владимирович Завгородний – научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4499>
Любовь Петровна Иванова – научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3466-7263>
Анастасия Дмитриевна Аленичева – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3479-5994>
Ольга Александровна Шуклина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3775-6077>, автор для переписки, oashuklina@gmail.com
Валерия Евгеньевна Квитко – младший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-8337-5032>
Ирина Николаевна Клименкова – научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-9370-4442>
Александр Александрович Соловьев – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-4480-8776>
Владимир Петрович Упельник – директор, <https://orcid.org/0000-0002-6055-8861>

About the authors:

Sergey V. Zavgorodny – Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8264-4499>
Lubov P. Ivanova – Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3466-7263>
Anastasia D. Alenicheva – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3479-5994>
Olga A. Shchuklina – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3775-6077>, Correspondence Author, oashuklina@gmail.com
Valeriya E. Kvitko – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8337-5032>
Irina N. Klimentkova – Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9370-4442>
Alexander A. Soloviev – Doc. Sci. (Biology), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4480-8776>
Vladimir P. Upelniek – director, <https://orcid.org/0000-0002-6055-8861>

• Литература

1. Вавилов Н.И. Значение межвидовой и межродовой гибридизации в селекции и эволюции. *Изв. АН СССР, Сер. биол.* 1938. С. 543-563.
2. Ворончихин В.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С., Ворончихина И.Н. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой гексаплоидной тритикале в Центральном районе Нечерноземной зоны. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2018;(1):69-81. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81
3. Абделаал Х.К., Энзекрей Е.С., Соловьев А.А. и др. Урожайность зерна и зелёной массы нового сорта яровой тритикале Тимирязевская в зависимости от применения разных доз азотных удобрений в условиях ЦРНЗ. *Кормопроизводство.* 2019;(2):18-22.
4. Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Селекция озимых зерновых тритикале на Дону. *Тритикале России.* Ростов-на-Дону, 2000. С.12-18.
5. Махалин М.А. Межродовая гибридизация зерновых колосовых культур. М.: Наука, 1992. 236 с.
6. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы. *Agricultural Biology.* 2019;54(3):409-425.
7. Цицина Н.В. Многолетняя пшеница. М.: Наука, 1978. 287 с.
8. Упельник В.П., Белов В.И., Иванова Л.П., Долгова С.П., Демидов А.С. Наследие академика Н.В. Цицина – современное состояние и перспективы использования коллекции промежуточных пшенично-пырейных гибридов. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2021;16(3):667-674.
9. Мартынов С.П., Добротворская Т.В., Крупнов В.А. Генеалогический анализ использования двух видов пырея (*Agropyron*) в селекции мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на устойчивость к болезням. *Генетика растений.* 2016;52(2):179-188.
10. Salina E.A., Adonina I.G., Stasyuk A.I., Leonova I.N., Badaeva E.D., Shishkina A.A., Kroupin P.Y., Divashuk M.G., Starikova E.V., Khuat T.M.L., Karlov G.I., Syukov V.V. A *Thinopyrum intermedium* chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. *Euphytica.* 2015;204(1):91-101 DOI: 10.1007/s10681-014-1344-5
11. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы // *Сельскохозяйственная биология.* – 2019;54(3):409-425.
12. Li H., Wang X. *Thinopyrum ponticum* and *Th. intermedium*: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat. *J. Genet. Genomics.* 2009;36(9):557-565 (doi: 10.1016/S1673-8527(08)60147-2).
13. Lang T., La S., Li B., Yu Z., Chen Q., Li J., Yang E., Li G., Yang Z. Precise identification of wheat – *Thinopyrum intermedium* translocation chromosomes carrying resistance to wheat stripe rust in line Z4 and its derived progenies. *Genome.* 2018;61(3):177-185. (doi: 10.1139/gen-2017-0229).
14. Цвелёв Н.Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. 788 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 352 с.
16. Белов В.И., Иванова Л.П., Завгородний С.В., Упельник В.П. Селекционно-генетические ресурсы трагостальных промежуточных пшенично-пырейных гибридов (2n=56). *Бюллетень Главного ботанического сада.* 2013;4(199):49-55.
17. Трифонова А.А., Борис К.В., Дедова Л.В., Мельник В.А., Иванова Л.П., Кузьмина Н.П., Завгородний С.В., Упельник В.П. Анализ полиморфизма генома представителей синтетического вида *xTrititrigia cziczinii* Tsvet. методом AFLP. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2018;22(6):648-653.
18. Энзекрей Е.С., Шуклина О.А., Завгородний С.В. Влияние метеорологических условий и азотных удобрений на биологическую урожайность яровой тритикале сорта Тимирязевская 42. *Зерновое хозяйство России.* 2021;2(74):88-93.
19. Справцева Е.В., Мимонов Р.В., Белоус Н.М., Косьянчук В.П., Шаповалов В.Ф. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве. *Агрохимический вестник.* 2019;(2):42-47.
20. Петров Л.К. Особенности формирования потенциальной продуктивности озимой пшеницы в зависимости от сортов, норм и сроков посева семян в Волго-вятском регионе. *Международный сельскохозяйственный журнал.* 2021;64,6(384):30-33.
21. Upelniek V., Fisenko A., Ivanova L., Gluhova L., Kuzmina N., Loshakova P., Zavgorodny S., Gradskov S. Biodiversity of distant hybrids of cereals in the collection of the Tsitsin MBG RAS. *Acta Horticulturae.* 2021;(1324):233-236.
22. Иванова Л.П., Шуклина О.А., Ворончихина И.Н., Ворончихин В.В., Завгородний С.В., Энзекрей Е.С., Комкова А.Д., Упельник В.П. Перспективы использования новой сельскохозяйственной культуры трититригии (*xTrititrigia cziczinii* Tsvetlev) в кормопроизводстве. *Кормопроизводство.* 2020;(10):13-16.
23. Селекционное достижение: Трититригия Памяти Любимовой: пат. №11203 Рос. Федерация: 22.07.2020. / В.И. Белов, С.В. Завгородний; Заявитель и патентообладатель Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; заявл. 14.01.2019; опубл. 22.07.2020.

• References

1. Vavilov, N.I. The value of interspecific and intergeneric hybridization in selection and evolution. *Izv. USSR Academy of Sciences, Ser. biol.* 1938. P.543-563. (In Russ.)
2. Voronchikhin V.V., Pylnev V.V., Rubets V.S., Voronchikhina I.N. Yield and elements of its structure of the winter hexaploid triticale collection in the central region of the nonchernozem zone. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy.* 2018;(1):69-81. (In Russ.) DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81
3. Abdelaal H.K., Enzekrey E.S., Solovyov A.A. Productivity of grain and green mass of a new variety of spring triticale Timiryazevskaya, depending on the use of different doses of nitrogen fertilizers in the conditions of the CRNZ. *Feed production.* 2019;(2):18-22. (In Russ.)
4. Grabovets A.I., Starch A.V. Selection of winter grain triticale on the Don. *Triticale of Russia.* Rostov-on-Don, 2000. P.12-18. (In Russ.)
5. Makhalin M.A. Intergeneric hybridization of grain crops. M.: Nauka, 1992. 236 p. (In Russ.)
6. Krupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I. Gene resources of perennial wild cereals involved in breeding to improve wheat crop. *Agricultural Biology.* 2019;54(3):409-425. (In Russ.) DOI 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus. EDN ATROLC.
7. Tsitsin N.V. Perennial wheat. M.: Nauka, 1978. 287 p. (In Russ.)
8. Upelniek V.P., Belov V.I., Ivanova L.P., Dolgova S.P., Demidov A.S. The legacy of Academician N.V. Tsitsin – the current state and prospects of using the collection of intermediate wheat-wheatgrass hybrids. *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding.* 2021;16(3):667-674. (In Russ.)
9. Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V., Krupnov V.A. Genealogical analysis of the use of two types of wheatgrass (*Agropyron*) in the breeding of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) for disease resistance. *Plant genetics.* 2016;52(2):179-188. (In Russ.)
10. Salina E.A., Adonina I.G., Stasyuk A.I., Leonova I.N., Badaeva E.D., Shishkina A.A., Kroupin P.Y., Divashuk M.G., Starikova E.V., Khuat T.M.L., Karlov G.I., Syukov V.V. A *Thinopyrum intermedium* chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. *Euphytica.* 2015;204(1):91-101 DOI: 10.1007/s10681-014-1344-5
11. Krupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I. The use of the genetic potential of perennial wild cereals in the breeding improvement of wheat. *Agricultural biology.* 2019;54(3):409-425. (In Russ.)
12. Li H., Wang X. *Thinopyrum ponticum* and *Th. intermedium*: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat. *J. Genet. Genomics.* 2009;36(9):557-565. doi: 10.1016/S1673-8527(08)60147-2
13. Lang T., La S., Li B., Yu Z., Chen Q., Li J., Yang E., Li G., Yang Z. Precise identification of wheat – *Thinopyrum intermedium* translocation chromosomes carrying resistance to wheat stripe rust in line Z4 and its derived progenies. *Genome.* 2018;61(3):177-185. doi: 10.1139/gen-2017-0229
14. Tsvetlev N.N. Cereals of the USSR. L.: Nauka, 1976. 788 p. (In Russ.)
15. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M., 1985. 352 p. (In Russ.)
16. Belov V.I., Ivanova L.P., Zavgorodny S.V., Upelniek V.P. Breeding and genetic resources of growing intermediate wheat-wheatgrass hybrids (2n=56). *Bulletin of the Main Botanical Garden.* 2013;4(199):49-55. (In Russ.)
17. Trifonova A.A., Boris K.V., Dedova L.V., Melnik V.A., Ivanova L.P., Kuzmina N.P., Zavgorodny S.V., Upelniek V.P. Analysis of genome polymorphism of representatives of the synthetic species *xTrititrigia cziczinii* Tsvet. by the AFLP method. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2018;22(6):648-653. (In Russ.)
18. Enzekrey E.S., Shchukina O.A., Zavgorodny S.V. The influence of meteorological conditions and nitrogen fertilizers on the biological yield of spring triticale of the Timiryazevskaya variety 42. *Grain farming in Russia.* 2021;2(74):88-93. (In Russ.)
19. Spravtseva E.V., Mironov R.V., Belous N.M., Kosyanchuk V.P., Shapovalov V.F. Evaluation of the effectiveness of fertilizers and Humistim biologics in the cultivation of winter wheat on radioactive soil contamination. *Agrochemical Bulletin.* 2019;(2):42-47. (In Russ.)
20. Petrov L.K. Features of the formation of the potential productivity of winter wheat depending on the varieties, norms and timing of sowing seeds in the Volgav-yatka region. *International Agricultural Journal.* 2021;64,6(384):30-33. (In Russ.)
21. Upelniek V., Fisenko A., Ivanova L., Gluhova L., Kuzmina N., Loshakova P., Zavgorodny S., Gradskov S. Biodiversity of distant hybrids of cereals in the collection of the Tsitsin MBG RAS. *Acta Horticulturae.* 2021;(1324):233-236.
22. Ivanova L.P., Shchuklina O.A., Voronchikhina I.N., Voronchikhin V.V., Zavgorodny S.V., Enzekrey E.S., Komkova A.D., Upelniek V.P. Prospects of using a new agricultural crop of trititrigia (*xTrititrigia cziczinii* Tsvetlev) in feed production. *Fodder production.* 2020;(10):13-16. (In Russ.)
23. Breeding achievement: Trititrigia of Lyubimova's Memory: pat. No. 11203 Ros. Federation: 22.07.2020. / V.I. Belov, S.V. Zavgorodny; Applicant and patent holder N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; application 14.01.2019; publ. 22.07.2020. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-15-19>

УДК 635.64:581.144

В.Г. Король

ООО “Рефлакс”

Россия, г. Москва

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Король В.Г. Рост междоузлий и ветвление побегов у растений томата. *Овощи России*. 2022;(2):15-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-15-19>

Поступила в редакцию: 19.02.2022

Принята к печати: 16.03.2022

Опубликована: 25.04.2022

Valentin G. Korol

LLC “Reflux”

Moscow, Russian Federation

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

For citations: Korol V.G. Growth of internodes and branching of a tomato plant. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):15-19. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-15-19>

Received: 19.02.2022

Accepted for publication: 16.03.2022

Published: 25.04.2022

Рост междоузлий и ветвление побегов у растений томата



Актуальность. Значительное влияние на использование объема теплиц растением томата оказывает его высота, которая складывается из длины междоузлий моноподиального и симподиальных побегов. Использование объема теплиц при выращивании культуры томата – тема актуальная и важная. В настоящее время томат выращивают в различных по высоте и конструктиву теплицах. В условиях фермерского рынка используются теплицы разного размера, высоты и типа покрытия. И здесь высота растений имеет определяющее значение. Выращивают в основном индетерминантные растения, ограничивая их рост определенным количеством соцветий, реже – детерминантные растения. При выращивании в современных промышленных теплицах и продолжительности вегетации 10-12 месяцев в году предпочтение отдают высокорослым индетерминантным гибридам томата, обладающих практически непрерывным ростом за счет формирования все новых и новых симподиальных побегов и высоким потенциалом урожайности.

Методы. Исследования проводили в условиях зимней остекленной теплицы. Культуру томата выращивали в продленном обороте (с января по ноябрь) на кокосовом субстрате с капельным поливом. Выращивали гибриды томата отечественной и зарубежной селекции с детерминантным и индетерминантным типом роста. Плотность фитоценоза – 2,8 раст./м², с апреля по сентябрь загущали до 3,4 раст./м² за счет формирования дополнительных побегов. Все наблюдения проводили согласно общепринятых методик.

Результаты. Сортимент, выращиваемый в защищенном грунте, зависит от условий выращивания. Установлена закономерность по длине междоузлий симподиальных побегов у индетерминантных гибридов томата, третье междоузлие длиннее первых двух. Коэффициент корреляции между длиной симподиального побега и длиной третьего междоузлия – 0,85 пунктов. Усиленный рост последнего междоузлия вызван ростом побега следующего порядка. При этом вынос листа над соцветием составляет 2-5 см. Коэффициент корреляции между длиной третьего междоузлия и выносом листа над соцветием – 0,71 пунктов. Установлена закономерность по длине листьев и развитию пасынков в симподиальном побеге.

Ключевые слова: ветвление, моноподиальный побег, симподиальный побег, побег продолжения, боковой побег, междоузлия, вынос листа.

Growth of internodes and branching of a tomato plant

Relevance. A significant influence on the use of the volume of greenhouses by a tomato plant is its height, which consists of the length of the internodes of monopodial and sympodial shoots. The use of the volume of greenhouses in the cultivation of tomato crops is a relevant and important topic. Currently, tomatoes are grown in greenhouses of various heights and designs. Greenhouses of different sizes, heights and types of cover are used in a farmer's market. And here the height of tomato plants is of decisive importance. Mostly indeterminate plants are grown, limiting their growth to a certain number of inflorescences, less often - determinant plants. When grown in modern industrial greenhouses and the vegetation period is 10-12 months a year, preference is given to tall indeterminate tomato hybrids that have almost continuous growth due to the formation of more and more sympodial shoots and high yield potential.

Methods. The studies were carried out in a winter glazed greenhouse. The tomato culture was grown in an extended rotation (from January to November) on a coconut substrate with drip irrigation. Tomato hybrids of domestic and foreign selection with determinant and indeterminate types of growth were grown. Phytocenosis density is 2.8 plants/m², from April to September it thickened up to 3.4 plants/m² due to the formation of additional shoots. All observations were carried out according to generally accepted methods.

Results. The variety grown in protected ground depends on the growing conditions. A pattern was established for the length of the internodes of sympodial shoots in indeterminate tomato hybrids, the third internode is longer than the first two. The correlation coefficient between the length of the sympodial shoot and the length of the third internode is 0.85 points. The enhanced growth of the last internode is caused by the growth of the shoot of the next order. In this case, the removal of the leaf above the inflorescence is 2-5 cm. The correlation coefficient between the length of the third internode and the removal of the leaf above the inflorescence is 0.71 points. A pattern was established for the length of the leaves and the development of stepchildren in the sympodial shoot.

Keywords: branching, monopodial shoot, sympodial shoot, continuation shoot, lateral shoot, internodes, leaf removal

Томат относится к растениям со смешанным типом ветвления: моно- и симподиальным [1]. От соотношения этих типов ветвления зависит строение растения томата. Моноподиальный побег, с которого начинается свой рост томатное растение, заканчивается его образованием соцветия. На моноподиальном побеге формируется 9-12 листьев, в зависимости от условий выращивания и особенностей гибрида. По длине междоузлий моноподиального побега индетерминантные и детерминантные гибриды практически не отличаются [2, 3]. Этот побег целиком формируется в условиях рассадного периода, когда мы всячески ограничиваем ростовые процессы, поэтому на нем самые короткие междоузлия. Их длина меняется от 1 до 6-8 см, в зависимости от генотипа и условий выращивания в рассадном отделении. В целом, длина моноподиального побега составляет 40-50 см у большинства современных гибридов.

Далее рост продолжает уже не главный стебель, а побег первого порядка, закладывающийся в пазухе верхнего листа [1, 4]. Это уже симподиальный побег. Таким образом, в дальнейшем ветвление у томата симподиальное [1, 5, 6].

У индетерминантных гибридов томата рост не прекращается в течение всей вегетации, при этом формируются все новые и новые симподиальные побеги [14]. На каждом симподиальном побеге формируется, в среднем три листа, и он заканчивается соцветием (рис. 1). Побег продолжения закладывается в пазухе третьего листа ниже соцветия. У большинства современных гибридов при росте этого побега наблюдается смещение соцветия в сторону, а лист, из пазухи которого развился побег продолжения, на нем же выносится вверх, выше соцветия, на следующий симподиальный побег [5, 6, 7]. Это происходит в результате срастания основания листа с побегом [1, 8]. Количество побегов продолжения главной оси (количество симподиальных побегов) зависит от генотипа, длительности периода выращивания и условий, создаваемых в течение этого периода.

Интенсивность роста томатного растения определяется деятельностью верхушечной и интеркалярной меристем [1], однако в различных зонах главного побега в этом нет определенной закономерности. Не установлено также строгой закономерности и в чередовании междоузлий различной длины у гибридов томата [1, 6]. Выяснили только, что наибольшие различия по длине междоузлий наблюдаются в верхних ярусах растений между гибридами с детерминантным и индетерминантным типом роста [4, 9].

Между тем, длина междоузлий оказывает значительное влияние на длину главного стебля томатного растения, на использование ими объема культивационных сооружений и затраты труда при уходе за растениями. Мы изучаем длину симподиальных побегов и отдельных междоузлий у индетерминантных гибридов томата при их выращивании в продленном обороте зимних обогреваемых теплиц.

При выращивании в продленном обороте (10-11 месяцев вегетации) у индетерминантных гибридов формируется в среднем 25-28 симподиальных побегов. Мы изучали первые 18-19 симподиальных побегов. Выяснили, что до седьмого побега длина каждого последующего симподиального побега больше предыдущего [10]. Минимальная длина у первого симподиального побега, так как его заложение происходит в рассадный период и

первый период после выставления растений в теплицу, когда мы ограничиваем ростовые процессы, сдвигая рост и развитие растений в генеративном направлении. Максимальная длина у 5-7-го симподиальных побегов [10, 11]. Это объясняется не столько условиями освещения, сколько особенностями технологии выращивания.

Рассадный период складывается из двух периодов: первый – 38-42 суток выращивание растений в рассадном отделении при искусственном освещении; второй – 10-14 суток, до начала цветения первого соцветия, когда растения выставлены в теплицу, но не высажены в субстрат. В первый период растение растет медленно в силу своего возраста, а в дальнейшем ростовые процессы тормозятся поддержанием повышенной концентрации питательного раствора и низкой температурой воздуха, что позволяет поддержать генеративную направленность роста и развития растений и получить хорошее завязывание плодов на первых соцветиях. Именно в рассадный период формируется моноподиальный побег и первые 2-3 симподиальных побега.

В последующий период на рост растений и длину симподиальных побегов влияют в основном два фактора: свет и плодовая нагрузка. Увеличение естественной освещенности отрицательно влияет на линейные размеры растения в целом, в т.ч. междоузлий [12], а снижение плодовой нагрузки – положительно.

Длина симподиальных побегов складывается из длины междоузлий. Мы проанализировали длину отдельных междоузлий в симподиальном побеге у индетерминантных гибридов томата. Между длиной первого и второго междоузлий в симподиальном побеге закономерность не найдена. Первое междоузлие может быть короче второго, длиннее или равным, в зависимости от генотипа и порядкового номера побега (рис. 2, 3, 4). Так у гибридов F₁ Source (кистевой) и F₁ Favorita (вишневидный), длина первого междоузлия в симподиальном побеге больше или равна второму (рис. 2,3), а у F₁ Алькасар, в зависимости от номера симподиального побега, первое междоузлие короче (4,11,12,13,14,17,18-й симподиальные побеги) второго, длиннее (6,7,9,15-й симподиальные побеги) или равный по длине (1,2,3,5,8,10-й симподиальные побеги) (рис. 3).

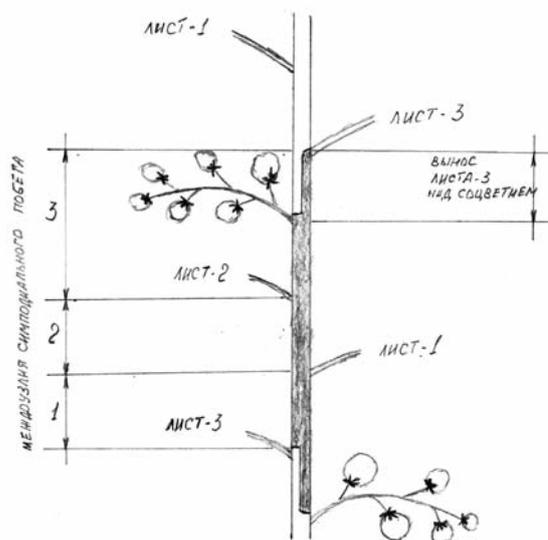


Рис. 1. Схема симподиального побега у индетерминантных гибридов томата
 Fig. 1. Scheme of sympodial shoot in indeterminate tomato hybrids

С нашей точки зрения увеличение длины симподиального побега в большей степени связано с длиной третьего междоузлия, на котором располагается соцветие. Так коэффициент корреляции между длиной симподиального побега и длиной третьего междоузлия составляет: у F₁ Алькасар – 0,540; у F₁ Source – 0,774; у F₁ Favorita – 0,850 пунктов, а в среднем у изучаемых нами гибридов – 0,848 пунктов.

Усиленный рост последнего междоузлия в симподиальных побегах вызван ростом побега следующего порядка, т.е. ростом нового симподиального побега. И у всех изучаемых нами гибридов при росте этого побега наблюдается вынос вверх, выше соцветия, листа, из пазухи которого развивается побег продолжения (рис. 1). В зависимости от генотипа вынос листа над соцветием может достигать 2-5 см и больше [3]. Средняя длина выноса листа над

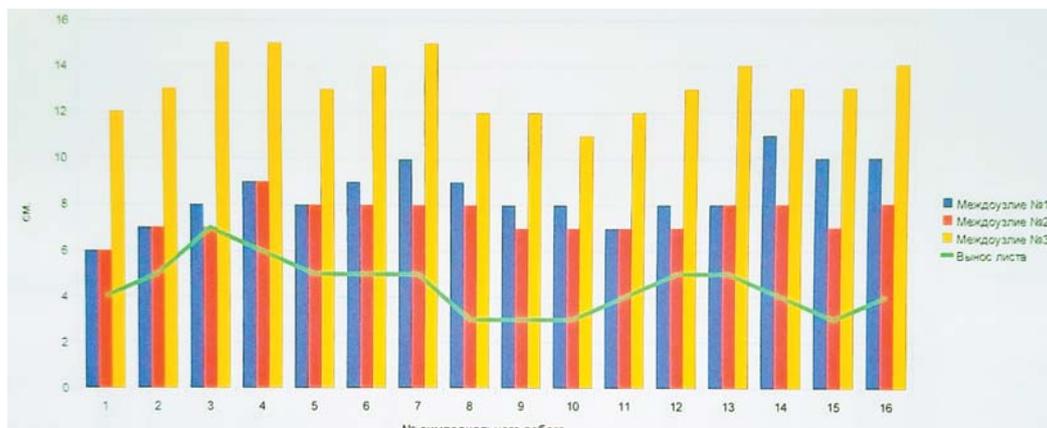


Рис. 2. Длина междоузлий и вынос листа над соцветием в симподиальных побегах у гибрида F₁ Source при выращивании в продленном обороте зимних остекленных теплиц
Fig. 2. The length of internodes and the removal of the leaf above the inflorescence in sympodial shoots in the F₁ Source hybrid when grown in an extended rotation of winter glazed greenhouses

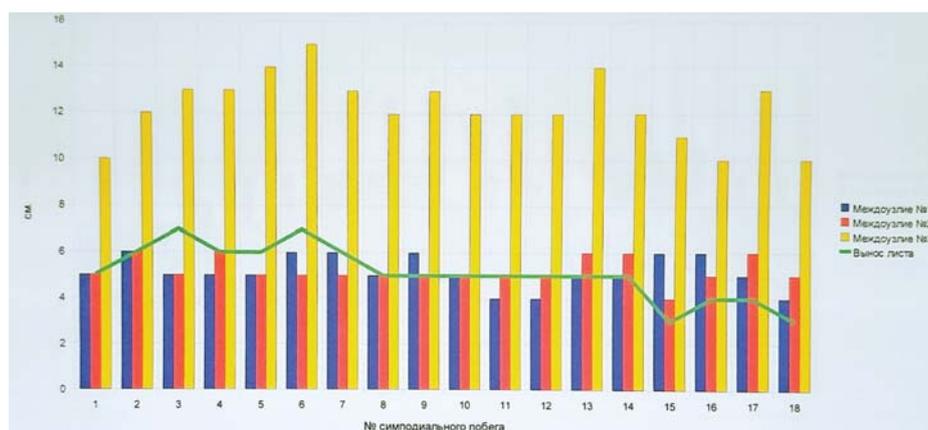


Рис. 3. Длина междоузлий и вынос листа над соцветием в симподиальных побегах у гибрида F₁ Алькасар при выращивании в продленном обороте зимних остекленных теплиц
Fig. 3. Length of internodes and removal of the leaf above the inflorescence in sympodial shoots of the F₁ Alcazar hybrid when grown in an extended rotation of winter glazed greenhouses

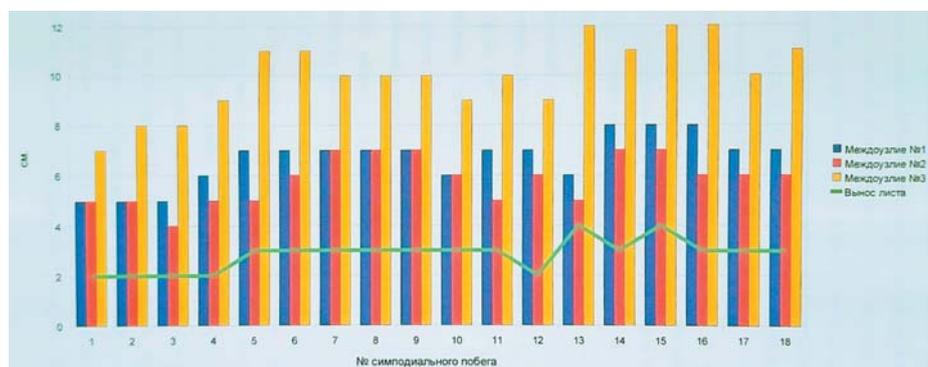


Рис. 4. Длина междоузлий и вынос листа над соцветием в симподиальных побегах у гибрида F₁ Favorita при выращивании в продленном обороте зимних остекленных теплиц
Fig. 4. The length of internodes and the removal of the leaf above the inflorescence in sympodial shoots in the hybrid F₁ Favorita when grown in an extended turnover of winter glazed greenhouses

соцветием у F₁ Алькасар составляет 5,0 см, у F₁ Source – 4,2 см, а у F₁ Favorita – 2,8 см. Мы сравнили кривую динамики выноса листа над соцветием в симподиальных побегах с длиной междоузлий у изучаемых гибридов (рис. 2, 3, 4). Здесь можно отметить достаточно тесную связь между ними, коэффициент корреляции составляет 0,231 пунктов. Наиболее сильная зависимость у гибрида F₁ Favorita, коэффициент корреляции составляет 0,689 пунктов.

Более тесная связь между длиной третьего междоузлия и выносом листа над соцветием. Кривая выноса листа над соцветием по всем симподиальным побегам у всех изучаемых гибридов практически повторяет кривую длины третьего междоузлия. Коэффициент корреляции между длиной третьего междоузлия и выносом листа над соцветием у изучаемых гибридов составляет 0,712 пунктов. По отдельным гибридам коэффициент корреляции составляет: F₁ Алькасар – 0,573; F₁ Source – 0,789; а F₁ Favorita – 0,771 пунктов.

Число листьев между соцветиями у индетерминантных гибридов томата в разных по высоте расположения симподиальных побегах может изменяться от 2,6 до 3,5 шт., а в среднем составляет 3,0 листа (рис. 1). При выращивании томата в продленном обороте новые листья формируются каждые два дня летом и каждые 2,5 дня – зимой [13]. Интенсивность образования листьев усиливается с увеличением освещенности и температуры.

Длина листа – сортовой признак. Она оказывает значительное влияние на густоту посадки растений, а также на количество формируемых дополнительных побегов [14, 15, 16]. По годам длина листа меняется незначительно и зависит не только от прихода солнечной радиации, плодовой нагрузки, но и от возраста растений и технологии их выращивания. Чем меньше изменяется длина листа в онтогенезе, тем в большей степени гибрид подходит для выращивания в продленном обороте. В моноподиальном побеге, до первого соцветия, длина листа увеличивается и достигает своего максимума. У индетерминантных гибридов это предпоследний лист в моноподиальном побеге, его длина достигает 40–42 см. Последний же лист в моноподиальном побеге, который выносится вверх, за счет роста побега продолжения, всегда несколько меньшей длины. Аналогичная ситуация и у листьев симподиальных побегов. Здесь первые два листа длиннее третьего, их длина составляет 38–41 см и зависит от возраста растений, а также других факторов роста. Мы не нашли больших различий между длиной первого и второго листьев в симподиальном побеге [3, 14]. Зато третий лист в симподиальном побеге всегда короче первых двух на 2–3 см. Это связано с ростом побега продолжения, который закладывается в пазухе третьего листа. Кроме того, большое влияние на рост третьего листа оказывает развивающееся соцветие в этом симподиальном побеге. Наливающимся плодам в соцветии, за счет их атрагирующей способности, легче оттянуть вниз продукты фотосинтеза от третьего листа, чем «поднять» их от второго и первого листьев в симподиальном побеге. Если рассуждать о том, какой из трех листьев вносит наибольший вклад в рост плодов в соцветии, то это, безусловно, третий лист симподиального побега. Следует сказать, что он располагается под углом 180° к соцветию.

В целях улучшения освещения (осветления) соцветия в условиях недостатка освещенности часто удаляют лист в следующем симподиальном побеге, который может зате-

нять соцветие предыдущего симподиального побега (рис. 1). Чаще удаляют первый лист следующего побега, находящийся над соцветием. Но это никак не может быть третий лист этого же симподиального побега, от которого, в значительной степени, зависит налив плодов.

Довольно большие затраты труда при выращивании томата в защищенном грунте приходится на удаление пасынков (пазушных побегов или побегов следующего порядка). В литературе достаточно хорошо освещены вопросы заложения и формирования боковых побегов в пазухах листьев моноподиального побега. Боковые побеги начинают закладываться довольно рано, в конце второго этапа органогенеза [3, 17, 18], снизу вверх. Но при образовании первого соцветия возникает новая волна образования боковых побегов, идущая сверху вниз. Часто эти волны не успевают захватить всю главную ось первого порядка растения, и ее середина остается без боковых побегов, или они здесь слабо развиты [6]. При этом побеги, расположенные в нижней и верхней частях главной оси первого порядка стадийно отличаются друг от друга. Нижние побеги стадийно более молодые, поэтому до первого соцветия на них закладывается большее число листьев, а все развитие идет более медленными темпами, чем у верхних побегов, стадийно более старых [18, 19]. Формирование и рост боковых побегов на моноподиальном побеге усиливаются при низких температурах воздуха в рассадный период [3].

Как уже сообщалось, дальше рост растения томата продолжается за счет определенного количества симподиальных побегов, состоящих из трех листьев и соцветия. Дальнейший рост и ветвление растений в литературе освещен недостаточно. Не найдено в литературе информации о росте боковых побегов в пазухах листьев симподиальных побегов. Надо сказать, что эти боковые побеги весьма неоднородны по росту и развитию. Самый мощный боковой побег формируется в пазухе второго листа, находящегося под соцветием (рис. 1, 5). Этот побег

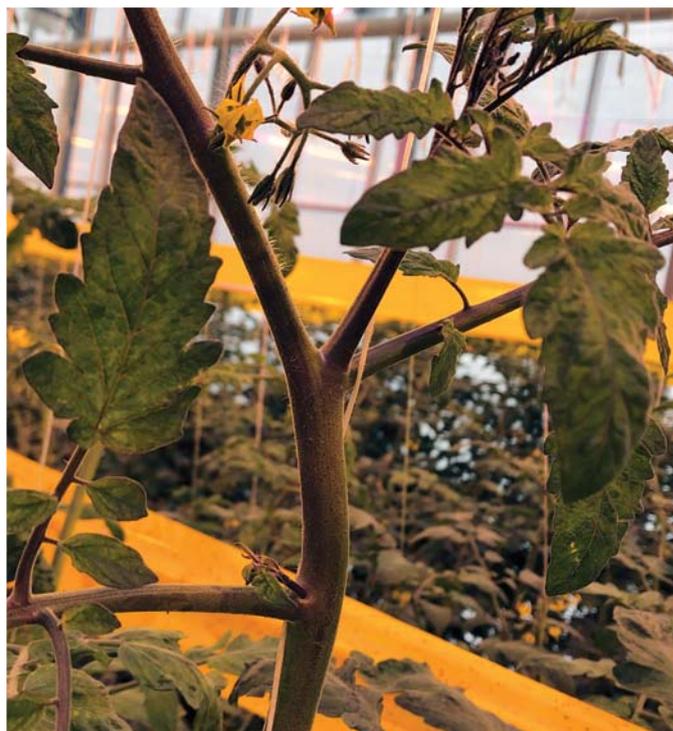


Рис. 5. Боковые пасынки в симподиальном побеге томата
Fig. 5. Lateral stepchildren in a sympodial tomato shoot

быстрее других трогается в рост, а до образования соцветия на нем формируется всего три, реже четыре листа. Именно этот побег идеально подходит для формирования в качестве дополнительного с целью уплотнения фитоценоза [3, 10, 15]. Несколько слабее боковой побег, формируемый в пазухе первого листа симподиального побега (рис. 1, 5). Этот побег, как и предыдущий, всегда трогается в рост, по темпам роста всегда отстает от побега, закладывающегося в пазухе второго листа, а до образования соцветия на нем формируется 4-5 листьев и больше. В связи с вышесказанным, данный побег крайне редко оставляют в качестве побега продолжения. И, наконец, побег, формируемый в пазухе третьего листа симподиального побега. Это самый слабый пасынок в симподиальном побеге из всех трех. Он не всегда трогается в рост, а если трогается, то отличается очень слабым ростом. На нем, до формирования соцветия закладывается более пяти листьев, т.е. побег самый позднеспелый. У гибридов, отличающихся генеративным характером роста и развития, этот

побег в рост не трогается у большей части симподиальных побегов. Это связано с тем, что боковая почка в пазухе третьего листа трогается в рост и дает начало симподиальному побегу следующего порядка.

А в пазухе этого же листа остается спящая, более слабая почка. В зависимости от состояния растений, условий выращивания и плодовой нагрузки она или трогается в рост, или нет.

Таким образом, мы рассмотрели вопросы роста и ветвления томатного растения. Зная морфобиологические особенности индетерминантных гибридов томата можно оказывать положительное влияние на элементы технологии их выращивания. Это своевременное удаление листьев в нижней части стебля и листьев, затеняющих цветущее соцветие, это оставление боковых побегов в пазухе второго листа в симподиальном побеге с целью уплотнения фитоценоза в теплице. А по длине третьего междоузлия и размеру выноса листа над соцветием можно судить о ростовых процессах культуры томата.

Об авторе:

Валентин Григорьевич Король – доктор с.-х. наук, главный специалист по агрономическому сопровождению

About the author:

Valentin G. Korol – Doc. Sci. (Agriculture), chief specialist in agronomic support

• Литература

1. Папонова И.Т. Морфобиологические особенности детерминантных томатов. М., 1963. 119 с.
2. Король В.Г., Король Д.В. Влияние дополнительного побега на длину междоузлий у растений томата гибрида F₁ Алькасар при выращивании в продленном обороте зимних теплиц. Сб. науч. тр.: Основные направления научно-технического прогресса в овощеводстве стран СНГ и Балтии. Минск, Институт овощеводства НАН Беларуси. 2006. С.192-195.
3. Король В.Г. Агробиологические основы повышения эффективности производства овощей в зимних теплицах. М., 2011. 489 с.
4. Гавриш С.Ф., Сысина Е.А. Особенности роста и плодоношения детерминантных томатов. Сб. науч. тр.: Экологические особенности овощных культур и разработка агротехнических элементов технологии их выращивания. М., 1984. С.40-45.
5. Еременко Л.Л. К вопросу о разнокачественности боковых побегов у помидоров. Доклады ТСХА. 1958;(32):135-141.
6. Полумордвинова И.В. К вопросу о закономерностях ветвления различных морфофизиологических типов томата. Экспериментальный морфогенез. М.: МГУ. 1963. С.363-370.
7. Пичугина З.Г. Особенности роста листьев у томата в тепличных условиях. Вестн. с.-х. науки. 1963;(5):48-50.
8. Брежнев Д.Д. Томаты. 2-е изд. Перераб. и доп. Л.: Колос. 1964. 320 с.
9. Гавриш С.Ф., Сысина Е.А. Морфологические особенности детерминантных томатов/ Сб. науч. тр.: Прогрессивные приемы в овощеводстве, селекции и семеноводстве овощных культур. М., 1986. С.52-59.
10. Король В.Г. Особенности роста междоузлий в симподиальных побегах у индетерминантных гибридов томата. Известия ТСХА. 2006;(3):74-80.
11. Игнатова С.И., Курашова И.С. Характер изменения длины междоузлий растений томата в защищенном грунте в зависимости от условий выращивания. Сб. тр.: Эффективные приемы выращивания овощных культур. Науч. тр. ВНИИО, под ред. С.С. Литвинова. М., 1998.
12. Шульгин И.А. О световом режиме в теплицах. Гавриш. 2001;(5):27-29.
13. Цыдендамбаев А.Д. Тепличный практикум: Томаты: технология. (Дайджест журнала "Мир Теплиц"). М., 2018. 291 с.
14. Король В.Г. Особенности выращивания гибридов томата с вегетативным и генеративным типами развития. Гавриш. 2000;(3):2-7.
15. Король В.Г. Формирование дополнительных побегов у растений томата в продленном обороте. Теплицы России. 2000;(3):26-28.
16. Grierson D., Tucker G.A., Robertson N.G. The regulation of gene expression during tomato fruit ripening. Jn: Quality in stored and processed vegetable and fruit. Academic Press. London. 1981. P.36-39.
17. Полумордвинова И.В. Особенности органогенеза томатов. М., 1964. 19 с.
18. Полумордвинова И.В. Органогенез томатов. Бюл. ВИР. 1976;(64):23-28.
19. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. 4-е изд. Перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1984. 240 с.

• References

1. Paponova I.T. Morphobiological features of determinant tomatoes. M., 1963. P.119. (In Russ)
2. Korol V.G., Korol D.V. Influence of an additional shoot on the length of internodes in tomato plants of the hybrid F₁ Alcazar when grown in an extended turnover of winter greenhouses. Sat. scientific Proceedings: The main directions of scientific and technological progress in vegetable growing in the CIS and Baltic countries. Minsk, Institute of Vegetable Growing of the National Academy of Sciences of Belarus. 2006. P.192-195. (In Russ)
3. Korol V.G. Agrobiological bases for increasing the efficiency of vegetable production in winter greenhouses. M., 2011. P.489. (In Russ)
4. Gavrish S.F., Sysina E.A. Features of growth and fruiting of determinant tomatoes. Sat. scientific Tr.: Ecological features of vegetable crops and the development of agrotechnical elements of the technology of their cultivation. M., 1984. P.40-45. (In Russ)
5. Eremenko L.L. On the issue of different quality of lateral shoots in tomatoes. Report. TSHA. 1958;(32):135-141. (In Russ)
6. Polumordvinova I.V. To the question of the patterns of branching of various morphophysiological types of tomato. Experimental morphogenesis. M., 1963. P.363-370. (In Russ)
7. Pichugina Z.G. Features of leaf growth in tomato in greenhouse conditions. Bulletin. agric. science. 1963;(5):48-50. (In Russ)
8. Brezhnev D.D. Tomatoes. 2nd ed. Revised and additional. L: Kolos, 1964. P.320. (In Russ)
9. Gavrish S.F., Sysina E.A. Morphological features of determinant tomatoes. Sat. scientific Progressive methods in vegetable growing, selection and seed production of vegetable crops. M., 1986. P.52-59. (In Russ)
10. Korol V.G. Features of the growth of internodes in sympodial shoots in indeterminate tomato hybrids. Izvestiya TSHA. 2006;(3):74-80. (In Russ)
11. Ignatova S.I., Kurashova I.S. The nature of the change in the length of the internodes of tomato plants in greenhouses depending on growing conditions. Sat. Effective methods of growing vegetable crops. Scientific tr. VNIIO. M., 1998. (In Russ)
12. Shulgin I.A. On the light regime in greenhouses. Gavrish. 2001;(5):27-29. (In Russ)
13. Tsydenambaev A.D. Greenhouse workshop: Tomatoes: technology. (Digest of the magazine "Mir Teplicz"). M., 2018. P.291. (In Russ)
14. Korol V.G. Features of growing tomato hybrids with vegetative and generative types of development. Gavrish. 2000;(3):2-7. (In Russ)
15. Korol V.G. Formation of additional shoots in tomato plants in extended circulation. Greenhouses of Russia. 2000;(3):26-28. (In Russ)
16. Grierson D., Tucker G.A., Robertson N.G. The regulation of gene expression during tomato fruit ripening. Jn: Quality in stored and processed vegetable and fruit. Academic Press. London. 1981. P.36-39.
17. Polumordvinova I.V. Features of tomato organogenesis. M., 1964. P.19. (In Russ)
18. Polumordvinova I.V. Tomato organogenesis. Bull. VIR. 1976;(64):23-28. (In Russ)
19. Kuperman F.M. Morphophysiology of plants. Morphophysiological analysis of the stages of organogenesis of various life forms of angiosperms. 4th ed. Revised and additional. M.: Higher school. 1984. P.240. (In Russ)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-20-25>
УДК 635.758-02

В.В. Скорина,
А.В. Петренко

УО «Белорусская государственная Орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
213410, Беларусь, Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки: skorina@list.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: Скорина В.В., Петренко А.В. Сравнительная оценка образцов укропа пахучего по урожайности и экологической стабильности. *Овощи России*. 2022;(2):20-25. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-20-25>

Поступила в редакцию: 13.03.2022
Принята к печати: 14.04.2022
Опубликована: 25.04.2022

Vladimir V. Skorina,
Alexey V. Piatrenka

ЕЕ "Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy"
5, st. Michurina, Gorki, Mogilev region, 213410, Belarus

*Correspondence Author: skorina@list.ru

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Skorina V.V., Piatrenka A.V. Comparative assessment of yield and environmental stability of common dill samples. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):20-25. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-20-25>

Received: 13.03.2022
Accepted for publication: 14.04.2022
Published: 25.04.2022

Сравнительная оценка образцов укропа пахучего по урожайности и экологической стабильности



Резюме

Актуальность. Создание сортов и гибридов, обладающих широкой экологической устойчивостью, является приоритетным направлением в селекции сельскохозяйственных культур. У ряда пряно-вкусовых культур многие вопросы, связанные с биологией и экологией, остаются не изученными. Изучение биологических и экологических особенностей укропа пахучего с целью создания стабильных сортов с высокой урожайностью в фазу технической спелости в наших условиях не проводилось.

Целью исследований являлось оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности у коллекционных образцов укропа пахучего по урожайности.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Могилевская область на протяжении 2012-2014 годов и 2019-2021 годов. Объектами являлись селекционные образцы укропа пахучего. Полевые и лабораторные опыты проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний. Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, что способствовало объективной оценке изучаемых сортов по комплексу хозяйственно полезных признаков.

Результаты. В статье представлены результаты изучения селекционных образцов укропа пахучего в разные годы исследований. В первом наборе (2012-2014 годы) количество образцов составляло 40 шт., во втором (2019-2020 годы) – 26 шт. В ходе оценки параметров адаптивной способности и экологической стабильности выявлено разнообразие среди образцов укропа пахучего по основным параметрам. Различия по урожайности между наборами генотипов и условиями испытания по годам свидетельствует о взаимосвязи генотипа и среды. По результатам изучения коллекции укропа пахучего выделен исходный материал для селекции на стабильно высокую урожайность. Установлена закономерность сохранения стабильности признака «урожайность» при повторяющемся наборе генотипов в разные годы исследований.

Ключевые слова: укроп, образец, урожайность, стабильность, среда, адаптивность

Comparative assessment of yield and environmental stability of common dill samples

Abstract

Relevance. The creation of varieties and hybrids with environmental sustainability is a priority in crop breeding. Many issues related to biology and ecology of a number of spice plants remain understudied. The study of the biological and ecological characteristics of common dill in order to create straight varieties with high yields in the phase of industrial ripeness in our conditions has not been carried out. The aim of the research was to evaluate the parameters of adaptive capacity and ecological stability in collection samples of common dill in terms of yield.

Materials and methods. The research was carried out in the experimental field of the Department of Fruit and Vegetable Growing of the Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Mogilev region over a period of 2012–2014 and 2019–2021. The objects were breeding samples of common dill. Field and laboratory experiments were carried out using generally accepted methods and guidelines. The meteorological conditions during the years of the research differed both in terms of temperature indicators and the amount of precipitation, which contributed to an objective assessment of the varieties under study according to a complex of economically useful traits.

Results. The article presents the results of the study of common dill breeding samples obtained in different years of research. In the first set (2012-2014) there were 40 sample plants, in the second set (2019-2020) – 26 pieces. In the course of assessing the parameters of adaptive capacity and ecological stability, the diversity among the samples of common dill was revealed according to the main parameters. The difference in terms of yield between sets of genotypes and test conditions over the years indicates the relationship between the genotype and the environment. Based on the results of studying the common dill collection, the parent material for breeding for a consistently high yield was selected. The regularity of maintaining the stability of the trait "yield" with a repeated set of genotypes in different years of research has been established.

Keywords: dill, sample, yield, stability, environment, adaptability

Введение

Создание сортов и гибридов, обладающих широкой экологической устойчивостью, является приоритетным направлением в селекции сельскохозяйственных культур. Совершенствование методов применительно к конкретным овощным культурам позволяет открыть новые возможности данной методологии и определить подходы к решению различных задач селекции.

Важнейшим фактором урожайности культур является их экологическая приспособляемость, а изучение защитно-приспособительных свойств и реакций культуры необходимо рассматривать как основную предпосылку для научного обоснования выбора признаков и направлений при селекции на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды [1].

В ходе исследований рядом авторов [2, 3, 4, 5] выявлено влияние условий местности, года, элементов агротехники на эффективность селекционного процесса. Установлено, что неправильный выбор среды для проведения отбора экологически устойчивых генотипов может послужить причиной снижения эффективности селекции [6, 7].

По мнению А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой (1997), основными особенностями адаптивной селекции в отличие от традиционных методов являются ее региональный характер и экологическая целенаправленность, т. е. создание сортов для конкретного региона с учетом вариативности факторов среды [7].

Среди большого разнообразия зеленных и пряно-вкусовых культур в пищевом рационе человека особое место занимает укроп.

Несмотря на ряд положительных свойств районированных сортов, развивающееся овощеводство и консервная промышленность нуждаются в более универсальных сортах, обладающих комплексом признаков, обеспечивающих высокую продуктивность в фазе бутонизации (уборка на зелень), молочно-восковой спелости семян (уборка в технической спелости для переработки) и при семенном производстве.

Направления селекционной работы с пряно-ароматическими растениями различаются в зависимости от характера его использования. В селекции пряно-ароматических растений, в т. ч. и укропа, существует два основных направления: а) получение форм, пригодных для использования в качестве пряностей, которые могут заменить покупаемые в настоящее время за рубежом; б) создание сортов с приятным, но не резким ароматом, хорошей облиственностью, высокими вкусовыми качествами зелени, ценным химическим составом.

Для конкретных природно-климатических условий возделывания необходимо проведение экологического испытания генотипов выделенного исходного материала, что позволяет судить о потенциальной продуктивности растений и ее изменчивости в зависимости от погодных условий года выращивания. Наиболее важными в этой связи являются параметры адаптивности по урожайности товарной продукции и семян [8].

В литературе накоплен обширный материал по генетике и физиологии устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам среды, влиянию экологических условий на биологические и хозяйственно ценные признаки сельскохозяйственных растений [2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Установлено, что при интродукции в новых экологических условиях растения изменяют ритм, скорость, морфологию роста и развития, урожайность и качество продукции.

При выведении новых сортов овощных культур, с использованием эколого-географического фактора, важное значение приобретает научно обоснованный подход искомого материала, его разнообразие и степень изученности в различных условиях выращивания.

Изучению методов оценки взаимодействия генотипа и среды посвящены ряд работ многих исследователей [1, 7, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 и др.].

Поэтому выращивание адаптированных сортов овощных культур в различных природно-климатических зонах способствует не только расширению ассортимента, но и удовлетворению спроса на них.

Цель исследований – оценить параметры адаптивной способности и экологической стабильности генотипов укропа пахучего, дать оценку среды как фона для отбора.

Материал и методика

Исследования проводили на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на протяжении 2012–2014 и 2019–2021 годов. Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Опыты были заложены с соблюдением агротехнических требований по уходу за растениями в течение всего периода наблюдений. Полевые и лабораторные опыты проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний [3, 24, 25].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, так и от средних многолетних данных, что способствовало объективной оценке изучаемых сортов по комплексу хозяйственно полезных признаков.

В ходе исследований проводили фенологические наблюдения, биометрическое описание растений, учет урожайности и качества продукции.

Объектом исследований являлись селекционные образцы укропа пахучего.

Селекционные образцы укропа отобраны на кафедре плодовоовощеводства в результате индивидуального отбора из коллекции сортов: Дукач (226/10, 46/10), Местного норвежского (58/10, 276/10, 191/10, Севастопольский (89/10, 71/10), Гренадер (49/10), Болгарского местного (55/10, 225/10, 295/10), Мамут (301/10, 53/10, 291/10, 68/10), Узоры (76/10, 72/10, 74/10, 270/10, 80/10, 275/10, 82/10), Салют (54/10), Алмаз (88/10), Местного китайского (52/10), Аллигатор (75/10, 274/10, 79/10), Ришелье (277/10, 287/10), Макс (83/10), Дальний (294/10), Ржеуцкий (256/10), местного из Краснодарского края (269/10), Иней (300/10).

Экологическим фоном служили разные годы испытания. Агротехника общепринятая в зоне выращивания.

Для расчета параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов использовали методику А.В. Кильчевского, Л.В. Хотылевой [26].

Результаты и их обсуждение

В 2012–2014 годах набор генотипов состоял из 40 образцов, в 2019–2020 годах – из 26. Результаты исследо-

ваний в 2012-2014 годах при оценке параметров адаптивной способности сортов укропа показали, что образцы Комбат и 226/10 по урожайности оказались самыми стабильными в различных условиях среды ($Sg_i=2,66$ и $2,36$) и обладают высокой ценностью генотипа ($СЦГ_i=3,06$ и $3,92$). Второе место по урожайности, показателю Sg_i и $СЦГ_i$ занимает образец 75/10. Самыми нестабильными в группе оказались образцы 49/10 и 256/10.

В результате полученных данных (табл. 1), генотипы в первом наборе по совокупности испытания в ряде сред значительно отличаются между собой по параметру урожайности (X_i): от $2,01$ кг/м² у образца Ароматный букет до $5,07$ кг/м² у 88/10. Значение параметра общей адаптивной способности (OAC_i) у них соответственно от $-1,92$ до $1,13$. Различающиеся условия среды испытания обусловили различия по урожайности. Об этом свидетельствуют высо-

кие значения показателя относительной стабильности генотипов, которые говорят об их низкой стабильности. Наибольшие значения параметра относительной стабильности (Sg_i) отмечены у генотипов Удалец (15,12), 49/10 (24,12), 256/10 (22,40), 269/10 (15,64). Генотипы Удалец, 49/10, 256/10, 269/10 характеризовались проявлением реакции на среду (b_i), что говорит об их отзывчивости на условия возделывания. Образцы 75/10, 54/10, 274/10, 270/10, 83/10, 300/10 характеризовались стабильной урожайностью в годы исследований и не проявляли реакции на изменение условий среды.

Для отбора образцов, сочетающих урожайность со стабильностью, служит параметр селекционная ценность генотипа ($СЦГ_i$). Относительно низкая стабильность по урожайности и отзывчивости на улучшение условий среды значительно снижают $СЦГ_i$ образцов Удалец, 49/10,

Таблица 1. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности, 2012-2014 годы
Table 1. Adaptive capacity and environmental stability parameters, 2012-2014

Образец	X_i , кг/м ²	OAC_i	Sg_i	b_i	$СЦГ_i$
Ароматный букет	2,01	-1,92	13,07	2,17	0,56
Озорник	2,89	-1,05	6,34	1,31	1,88
Удалец	3,21	-0,72	15,12	3,64	0,53
Комбат	3,59	-0,35	2,66	-0,68	3,06
226/10	4,51	0,58	2,36	0,70	3,92
58/10	3,08	-0,86	7,44	1,62	1,81
89/10	4,17	0,23	7,63	2,71	2,41
49/10	2,97	-0,97	24,12	5,60	-0,99
55/10	4,43	0,50	5,87	2,23	2,99
301/10	4,27	0,33	11,74	3,55	1,50
53/10	4,27	0,33	6,85	0,31	2,65
75/10	4,46	0,52	4,86	-2,58	3,26
46/10	2,99	-0,95	6,13	1,31	1,98
54/10	4,44	0,51	7,51	-2,78	2,60
76/10	3,29	-0,65	6,59	1,14	2,09
291/10	3,31	-0,62	6,54	1,86	2,11
88/10	5,07	1,13	5,66	-2,45	3,48
52/10	3,54	-0,39	9,78	0,59	1,63
274/10	4,50	0,57	6,98	-2,43	2,76
72/10	4,23	0,30	7,91	-2,48	2,38
74/10	3,69	-0,25	9,57	1,14	1,74
270/10	3,62	-0,31	11,76	-2,73	1,27
277/10	3,63	-0,30	7,72	2,33	2,08
225/10	4,57	0,63	7,65	2,98	2,63
276/10	4,30	0,37	14,69	-5,02	0,81
287/10	3,47	-0,47	11,57	3,34	1,25
83/10	4,79	0,85	7,60	-2,96	2,78
294/10	3,69	-0,25	11,96	3,72	1,25
71/10	3,99	0,05	3,26	1,07	3,27
82/10	4,12	0,19	12,11	-3,85	1,36
256/10	4,47	0,53	22,40	8,10	-1,07
295/10	4,89	0,95	4,74	1,72	3,61
68/10	4,24	0,31	6,58	1,84	2,70
268/10	4,32	0,39	9,45	3,45	2,06
79/10	3,93	0,00	11,14	2,89	1,51
80/10	4,60	0,67	3,15	1,13	3,80
275/10	3,12	-0,81	6,25	1,53	2,04
269/10	4,18	0,24	15,94	4,41	0,49
191/10	3,76	-0,18	10,13	2,53	1,65
300/10	4,79	0,85	8,70	-2,96	2,48
По фактору А	0,048				
По фактору В	0,013				
Общее НСР	0,084				

Таблица 2. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности, 2019-2020 годы
Table 2. Adaptive capacity and environmental stability parameters, 2019-2020

Образец	X_i , кг/м ²	ОАС _i	Sg _i	b _i	СЦГ _i
Ароматный букет	2,55	-1,87	6,94	3,39	-5,23
Озорник	3,65	-0,77	4,85	3,39	-4,13
Удалец	3,65	-0,77	4,85	3,39	-4,13
Комбат	3,88	-0,54	0,00	1,13	3,88
226/10	4,20	-0,22	0,00	0,00	4,20
89/10	4,20	-0,22	0,00	0,00	4,20
55/10	4,22	-0,20	0,35	1,88	3,56
301/10	4,20	-0,22	0,00	0,00	4,20
53/10	4,10	-0,32	0,00	0,00	4,10
75/10	4,50	0,08	1,77	2,26	1,00
54/10	4,45	0,03	0,00	1,01	4,45
88/10	5,10	0,68	1,56	2,26	1,60
274/10	4,40	-0,02	1,81	2,26	0,90
72/10	4,30	-0,12	1,85	2,26	0,80
74/10	4,50	0,08	0,00	0,00	4,50
225/10	4,83	0,41	0,00	1,51	4,83
276/10	4,75	0,33	0,00	1,13	4,75
83/10	5,05	0,63	0,00	1,13	5,05
82/10	4,20	-0,22	0,00	0,00	4,20
256/10	5,35	0,93	0,00	1,13	5,35
295/10	5,00	0,58	0,00	0,00	5,00
68/10	4,70	0,28	1,69	2,26	1,20
268/10	4,55	0,13	3,89	-3,39	-3,23
80/10	4,55	0,13	0,00	-1,13	4,55
269/10	4,85	0,43	0,00	-1,13	4,85
300/10	5,15	0,73	0,00	1,13	5,15
По фактору А	0,165				
По фактору В	0,046				
Общее НСР	0,234				

256/10, 269/10. Образцы Удалец и 49/10 обладают отрицательным эффектом ОАС_i.

Высокое значение комплексного показателя СЦГ_i у генотипов 226/10 (3,92), 88/10 (3,48), 75/10 (3,26) и 295/10 (3,61) позволяют их выделить среди других образцов укропа пахучего. Данные образцы обладают высокой урожайностью и экологической стабильностью по изучаемому признаку.

При оценке второго набора генотипов (табл. 2) в условиях 2019-2020 годов урожайность изменялась от 2,55 кг/м² до 5,15 кг/м² при среднем значении параметра X_i – 4,41.

В 2019-2020 годах набор генотипов состоял из 26. Из данной группы по урожайности выделены генотипы 75/10, 88/10, 225/10, 83/10, 256/10, 269/10. Однако образцы 88/10, 83/10 проявляли отзывчивость на улучшение условий среды ($b_i=2,26$ и 1,13). По комплексному показателю СЦГ_i образцы 75/10, 256/10, 269/10, 295/10, 300/10 характеризовались наиболее высокими показателями параметра, что говорит об их стабильности.

По показателю средней урожайности (X_i), общей адаптивной способности (ОАС_i) среди сортов наблюдалась ранжировка генотипов.

Характерно, что изменение набора генотипов и условий испытания по годам, по-разному распределяет их ранги. Среди группы образцов в 2012-2014 годах по пара-

метру X_i были выделены 226/10, 89/10, 55/10, 75/10, 54/10, 225/10, 83/10, 256/10, 295/10, 80/10, 300/10, в 2019-2020 годах – 226/10, 89/10, 55/10, 301/10, 75/10, 54/10, 88/10, 225/10, 256/10, 295/10, 269/10, 300/10.

Низкой стабильностью признака и отзывчивостью на условия среды обладали генотипы Ароматный букет, Озорник, Удалец, 74/10, 68/10.

Следует отметить, в данном наборе генотипов 61,5% имели низкие показатели Sg_i и выделялись по интегральному показателю СЦГ_i. В то же время, из данной группы 43,7% генотипов проявляли реакцию на условия среды.

Для оцениваемых образцов характерна смена рангов, что свидетельствует о взаимосвязи генотип Ч среда и необходимости использования в производстве группы взаимодополняющих сортов с разной нормой реакции, способных стабилизировать урожайность культуры в зоне возделывания.

Анализ полученных данных при изучении реакции генотипов на среду (см. рис.) в 2012-2014 годах показал, что по урожайности из 40 образцов большинство (26) или 65% отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду и только 25% (10) были стабильны. В условиях 2019-2020 годов отмечена аналогичная тенденция. Из общего количества 65,3% обладали нестабильностью, 11,3% относились к стабильным.

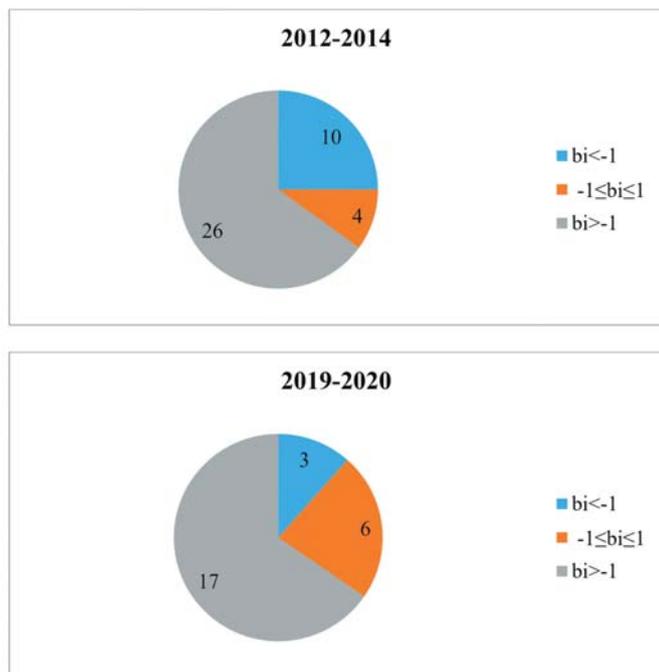


Рис. Реакция генотипов на условия среды
Fig. The response of genotypes to environmental conditions

Продуктивность среды (dk) отмечена наименьшей в 2012, 2014 и 2020 годах. Наиболее типичными (Pk) оказались условия 2013 и 2019 годов для оценки генотипов по выделению наиболее урожайных.

Выводы

Для селекционной работы ценность представляют генотипы 75/10, 54/10, 88/10, 72/10, 276/10, 82/10, 300/10, 268/10, 80/10, 269/10, которые характеризуются более высокой, по сравнению с другими образцами экологической устойчивостью ($b_i < 1$), стабильностью признака в меняющихся условиях, что выражается в низком уровне параметра Sg_i .

В первом наборе особенностью образцов 75/10, 54/10, 88/10, 72/10, 276/10, 82/10, 300/10 и втором наборе – 268/10, 80/10, 269/10, 300/10 является низкое значение параметра коэффициента регрессии ($b_i < 1$). Являясь узкоспециализированными сортами, они не обладают отзывчивостью на повышение урожайности, но в худших условиях среды являются лучшими.

По параметру стабильности (низкий показатель Sg_i) выделяются генотипы Комбат, 53/10, 226/10, 88/10, 295/10 (24,3) в первом наборе и большинство – во втором наборе. Сорт Комбат, Озорник, обладающие стабильностью, характеризовались низкой урожайностью.

Таблица 3. Параметры среды как фона для отбора
Table 3. Environment parameters as a background for selection

Среда	dk	Ранг	Sek	Ранг	tk	Ранг	Pk	Ранг
2012-2014 годы								
2012	0,435	3	16,404	1	0,856	3	0,140	3
2013	0,697	1	21,963	3	0,909	2	0,200	1
2014	0,472	2	17,255	2	0,967	1	0,167	2
2019-2020 годы								
2019	0,347	1	13,46	1	0,994	1	0,134	1
2020	0,291	2	12,08	2	0,993	2	0,120	2

Промежуточное количество генотипов по реакции на условия среды в первом наборе составило 10%, втором – 23%.

Правильный выбор селекционного фона в соответствии с задачей, его оценка и зон экологического испытания в наиболее информативных средах имеет большое значение. Основные параметры среды представлены в таблице 3.

Наибольшая относительная дифференцирующая способность среды (Sek) наблюдалась для образцов укропа пахучего в 2013 в 2019 годах, позволяющая сравнить результаты оценки с разным набором генотипов, сред и признаков. Если Sek меньше 10%, то фон считается нивелирующим, 10-20% – фон стабилизирующий, больше 20% – анализирующий фон. Зависимость дифференцирующей способности среды от условий года проявлялась в 2012-2014, так и в 2019-2020 годах при первом и втором наборе генотипов. В годы испытания фон оказался стабилизирующим, что позволило выявить различия между генотипами по продуктивности.

Согласно параметрам типичности сред по признаку «урожайность» условия 2013, 2014 и 2019 гг. были наиболее типичными для проявления данного признака.

Образцы 49/10, 256/10 в условиях 2012-2014 годов имели самый высокий показатель Sg_i . Самыми нестабильными являются сорта Ароматный букет, Озорник, Удалец, 55/10, 256/10, которые проявили отзывчивость на улучшение условий выращивания (b_i) как в первом, так и втором наборах, т. е. в наиболее благоприятных условиях среды они будут давать высокие урожаи, в неблагоприятных – относительно низкие.

Лучшими образцами, сочетающими урожайность и экологическую стабильность по комплексному показателю СЦГ_i за годы исследований, оказались 226/10, 88/10, 75/10, 295/10, 256/10, 269/10, 300/10 обладали лучшей экологической устойчивостью с минимальным значением параметра Sg_i .

Таким образом, исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГ_i.

Анализ результатов исследований позволяет определить общие свойства у генотипов, отличающихся высоким уровнем параметра СЦГ_i или различия между ними и другие вопросы специфики генотипов с различным сочетанием параметров адаптивности и стабильности. Специфика состоит в сочетании максимальных значений уровня пара-

метров X_i , OAC_i , CAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (b_i) и средней относительной стабильности. Среди изученных нами образцов укропа выявлены генотипы с низким уровнем комплексных параметров. С точки зрения селекционной ценности при создании сортов со стабильной урожайностью отнести их к неперспективным

было бы считать ошибочным. Генотип с низким значением параметра СЦГ может быть высокостабильным и служить источником этого свойства. При обратном варианте он может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства продуктивности в сочетании со стабильностью.

Об авторах:

Владимир Владимирович Скорина – доктор с.-х. наук, профессор кафедры плодовоовощеводства, автор для переписки, skorina@list.ru
Алексей Владимирович Петренко – зав. лаб. научно-исследовательской части, aleksey-petrenko@inbox.ru

About the authors:

Vladimir V. Skorina – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture, Correspondence Author, skorina@list.ru
Alexey V. Piarenko – Head of the research laboratory, aleksey-petrenko@inbox.ru

• Литература

1. Скорина В.В. Экологическая оценка параметров адаптивной способности и среды при выращивании овощных и пряно-вкусовых культур. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2004;(1):22-27.
2. Жученко А.А., Балашова Н.Н., Король А.В. Эколого-генетические основы селекции томатов. Кишинев: Штиинца, 1988. 430 с.
3. Методические указания по селекции зеленных, пряно-вкусовых и многолетних культур.
4. Jones D.T. Dominance of Linked factors as a means of accounting for heterosis. *Genetics*. 1917;(2):7.
5. Mamedov M.I., Skvortsova R.V. Breeding of tomato to biotic and abiotic factors. I International symposium on Solanaceae for fresh market. Malaga (Spain), 1995. P.4-47.
6. Драгавцев В.А. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. СПб., 1993.
7. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Технолоя, 1997. 372 с.
8. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений: (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1988. 766 с.
9. Авдеев Ю.И. Селекция томатов. Кишинев: Штиинца, 1982. 282 с.
10. Алпатъев А.В. Подбор родительских компонентов для получения высокоурожайных гибридов овощных культур. Гетерозис в овощеводстве. Л., 1968. С.71-78.
11. Аззи Д. Сельскохозяйственная экология: пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 479 с.
12. Бороевич С.Г. Принципы и методы селекции растений. М.: Колос, 1984. 343 с.
13. Брежнев Д.Д. Состояние и перспективы селекции томатов для защищенного грунта в странах мира. Генотип и среда в селекции тепличных томатов: материалы совещ. Рабочей группы по томатам (Ленинград, 16-20 мая 1978 г.). ЕУКАРПИА, секция овощных культур. Л.: ВИР, 1978. С.27-31.
14. Добруцкая Е.Г., Бахрамов Б.Б., Аршинов В.И. Экологическая разнородность семян фасоли. Семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. 1989;(29):18-26.
15. Дорожкин Н.А., Бельская С.И., Волуевич Е.А. Проблемы иммунитета сельскохозяйственных растений к болезням. Минск: Наука и техника, 1988. 248 с.
16. Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б., Решетников Е.Е. Роль условий среды в семеноводстве фасоли. Сб. науч. тр. по овощеводству и бахчеводству. Т.1. ВНИИО. М., 2006. С.141-145.
17. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Ин-т генетики и цитологии АН БССР. Минск: Наука и техника, 1989. 191 с.
18. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур. М., 2000. 592 с.
19. Скорина В.В. Селекция на адаптивность овощных и пряно-вкусовых культур. Горки, 2005. 205 с.
20. Скорина В.В., Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б. Комплексная оценка параметров адаптивности генотипов и сред испытания как фона для селекции и семеноводства фасоли. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2006;(2):61-65.
21. Скорина В.В., Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б. Влияние природных экологических фонов на формирование высококачественных семян фасоли. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2007;(1):70-76.
22. Скорина В.В. Селекция на адаптивность овощных и пряно-вкусовых культур. Горки, 2005. 205 с.
23. Скорина В.В., Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б. Эколого-географическая оценка сортов фасоли по продуктивности и экологической стабильности. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2004;(3):41-46.
24. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.
25. Методические указания по изучению коллекций капусты и листовых зеленных культур (салат, шпинат, укроп).
26. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Определение адаптивной способности генотипов и дифференцирующей способности среды. *Доклады АН БССР*. 1985;29(4):374-376.

• References

1. Skorina V.V. Ecological assessment of the parameters of adaptive capacity and environment in the cultivation of vegetable and spice crops. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2004;(1):22-27. (In Russ.)
2. Zhuchenko A.A., Balashova N.N., Korol A.V. Ecological and genetic bases of tomato breeding. Kishinev: Shtiintsa, 1988. 430 p. (In Russ.)
3. Guidelines for the selection of green, spicy-flavoring and perennial crops. (In Russ.)
4. Jones D.T. Dominance of Linked factors as a means of accounting for heterosis. *Genetics*. 1917;(2):7.
5. Mamedov M.I., Skvortsova R.V. Breeding of tomato to biotic and abiotic factors. I International symposium on Solanaceae for fresh market. Malaga (Spain), 1995. P.4-47.
6. Dragavtsev V.A. Algorithms for ecological and genetic inventory of the gene pool and methods for constructing varieties of agricultural plants in terms of productivity, stability and quality. SPb., 1993. (In Russ.)
7. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Ecological plant breeding. Minsk: Technology, 1997. 372 p. (In Russ.)
8. Zhuchenko A.A. Adaptive potential of cultivated plants: (ecological and genetic bases). Kishinev: Shtiintsa, 1988. 766 p. (In Russ.)
9. Avdeev Yu.I. Selection of tomatoes. Chisinau: Shtiintsa, 1982. 282 p. (In Russ.)
10. Alpatiev A.V. Selection of parental components for obtaining high-yielding hybrids of vegetable crops. Heterosis in vegetable growing. L., 1968. P.71-78. (In Russ.)
11. Azzi D. Agricultural ecology: per. from English. M.: Izd-vo inostr. lit., 1959. 479 p. (In Russ.)
12. Boroevich S.G. Principles and methods of plant breeding. M.: Kolos, 1984. 343 p. (In Russ.)
13. Brezhnev D.D. State and prospects of selection of tomatoes for protected ground in the countries of the world. Genotype and environment in the selection of greenhouse tomatoes: materials of the meeting. Working Group on Tomatoes (Leningrad, May 16-20, 1978). EUCARPIA, section of vegetable crops. L.: VIR, 1978. P.27-31. (In Russ.)
14. Dobrutskaya E.G., Bakhramov B.B., Arshinov V.I. Ecological diversity of bean seeds. Seed production of vegetable crops. All-Russian Research Institute of Selection and Seed Production of Vegetable Crops. 1989;(29):18-26. (In Russ.)
15. Dorozhkin N.A., Belskaya S.I., Voluevich E.A. Problems of immunity of agricultural plants to diseases. Minsk. Science and technology, 1988. 248 p. (In Russ.)
16. Dobrutskaya E.G., Musaev F.B., Reshetnikov E.E. The role of environmental conditions in bean seed production. *Sat. scientific tr. On vegetable growing and melon growing*. T.1. VNIIO. M., 2006. P.141-145. (In Russ.)
17. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Genotype and environment in plant breeding. Institute of Genetics and Cytology of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk: Science and technology, 1989. 191 p. (In Russ.)
18. Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G. Ecological bases of selection and seed production of vegetable crops. M., 2000. 592 p. (In Russ.)
19. Skorina V.V. Breeding for the adaptability of vegetable and spicy-flavoring crops. Goriki, 2005. 205 p. (In Russ.)
20. Skorina V.V., Dobrutskaya E.G., Musaev F.B. Comprehensive assessment of adaptability parameters of genotypes and test environments as a background for breeding and seed production of beans. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2006;(2):61-65. (In Russ.)
21. Skorina V.V., Dobrutskaya E.G., Musaev F.B. Influence of natural ecological backgrounds on the formation of high-quality bean seeds. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2007;(1):70-76. (In Russ.)
22. Skorina V.V. Breeding for the adaptability of vegetable and spicy-flavoring crops. Goriki, 2005. 205 p. (In Russ.)
23. Skorina V.V., Dobrutskaya E.G., Musaev F.B. Ecological and geographical assessment of bean varieties in terms of productivity and environmental stability. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2004;(3):41-46. (In Russ.)
24. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. Moscow: GNU All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, 2011. 648 p. (In Russ.)
25. Guidelines for the study of the collection of cabbage and leafy green crops (lettuce, spinach, dill). (In Russ.)
26. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Determination of the adaptive ability of genotypes and the differentiating ability of the environment. *Reports of the Academy of Sciences of the BSSR*. 1985;29(4):374-376. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-26-30>
УДК 635.782:631.526.323:57.087.1

А.Ф. Бухаров¹,
В.А. Харченко², Н.А. Еремина¹

¹ 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

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

*Автор для переписки:
kharchenkoviktor777@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Бухаров А.Ф., Харченко В.А., Еремина Н.А. Особенности проявления морфометрических параметров семян в популяциях кервеля овощного (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.). *Овощи России*. 2022;(2):26-30. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-26-30>

Поступила в редакцию: 01.04.2022

Принята к печати: 14.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Alexander F. Bukharov¹, Viktor A. Kharchenko²,
Nadezhda A. Eremina¹

¹ All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center"
p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russian Federation

*Correspondence Author: afb56@mail.ru

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Bukharov A.F., Kharchenko V.A., Eremina N.A. Features of the manifestation of morphometric parameters of seeds in populations of vegetable chervil (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.). *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):26-30. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-26-30>

Received: 01.04.2022

Accepted for publication: 14.04.2022

Published: 25.04.2022

Особенности проявления морфометрических параметров семян в популяциях кервеля овощного (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm)



Резюме

Изучены морфометрические параметры семян у образцов кервеля обыкновенного (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) селекции ФГБНУ ФНЦО. Показана изменчивость линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, значения индексов $I_{зэ}$, $I_{зс}$ и $I_{эс}$. Дан анализ корреляционных связей между ними. Исследования выполнены во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО. Семена сорта Ароматный (стандарт) имели длину $7,12 \pm 0,146$ мм. Существенно меньший размер семени у сорта Огородник ($6,56 \pm 0,158$ мм) и образца №21 ФНЦО – на 8,0 и 27,0% меньше стандарта. Семена существенно большего размера – у образцов №24 ФНЦО и №22 ФНЦО, на 3,0-18,0% выше контроля. Длина эндосперма у стандарта составляла $5,20 \pm 0,121$ мм. Самый маленький его размер отмечен у образца №21 ФНЦО – на 7,1% меньше контроля. Существенно превышали стандарт по длине эндосперма три образца, в том числе №20 ФНЦО – при 5% уровне значимости, №22 ФНЦО и Огородник – при 1% уровне значимости. Длина зародыша у сорта Ароматный – $1,54 \pm 0,119$ мм. Образцы Огородник и №21 ФНЦО имели зародыш существенно меньше стандарта на 14,3 и 10,4%, больше стандарта – образцы №24 ФНЦО и №22 ФНЦО – на 17,5-44,2%. Коэффициент вариации (V, %) для параметра длина семени изменялся от 9,17% до 12,3%, для длины эндосперма – от 8,35% до 14,6, а для зародыша – от 20,1 до 34,8%. Индекс $I_{зс}$ изменялся от 0,195 до 0,266. Индекс $I_{эс}$ изменялся от 0,707 до 0,930. Тесная связь (0,675-0,863), отмечена между длиной семени и длиной эндосперма с отклонениями в сторону уменьшения до значения 0,265 у образца №21 ФНЦО и сорта Диетический. Представленная информация свидетельствует о значительной изменчивости морфометрических параметров, ее можно использовать для углубленной характеристики качества семян, обоснования технологии праймирования.

Ключевые слова: кервель, сорта, семя, эндосперм, зародыш, морфометрия

Features of the manifestation of morphometric parameters of seeds in populations of vegetable chervil (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm)

Abstract

The morphometric parameters of the internal structure of seeds in seven representatives of the common chervil (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) were studied. The variability of the linear dimensions of the seed, endosperm and embryo, the values of the indices I_{zE} , I_{zS} and I_{ES} are shown. The analysis of correlation connections between them is given. The studies were carried out at VNIIO, a branch of the FGBNU FSVC. Seeds of the variety Aromatny (standard) had a length of 7.12 ± 0.146 mm. Significantly smaller seeds had two accessions, variety Ogorodnik (6.56 ± 0.158 mm) and No. 21, which is 8.0 and 27.0% less than standard. Seeds of a significantly larger size, including No. 24 and No. 22, respectively, by 3.0-18.0% higher than control. The endosperm length of the standard was 5.20 ± 0.121 mm. The smallest size of the endosperm was noted in sample No. 21, which is 7.1% less than the control. Three samples significantly exceeded the standard (by 7.5-16.5%) in terms of the length of the endosperm, including samples No. 20 and variety Ogorodnik. The length of the embryo in the Aromatny variety is 1.54 ± 0.119 mm. Samples of variety Ogorodnik and No. 21 had an embryo significantly less than the standard by 14.3 and 10.4%. Significantly larger embryos were found in samples No. 24 and No. 22, which is 17.5-44.2% higher than control. The coefficient of variation (V, %) for the parameter seed length varied from 9.17% to 12.3%, for the endosperm length from 8.35% to 14.6%, and for the embryo from 20.1 to 34.8%. The I_{zS} index varied from 0.195 to 0.266. The I_{ES} index varied from 0.707 to 0.930. A close relationship (0.675-0.863) was noted between the length of the seed and the length of the endosperm, with downward deviations to a value of 0.265 in sample No. 21 and Dietichesky variety. The presented information on the example of chervil seeds indicates a significant variability of morphometric parameters. The data obtained can be used for an in-depth characterization of seed quality, substantiation of priming technology.

Keywords: chervil, varieties, seed, endosperm, germ, morphometric parameters

Введение

Кервель обыкновенный (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) – травянистое растение семейства Сельдерейные (Ariaceae). Невысокие (50-60 см.) растения имеют округлый или слаборебристый стебель и перистые многократно рассеченные листья на длинных черешках. Цветки мелкие белые или бледно-розовые собраны в зонтики (рис.). Плод – двусемянка. Масса 1000 семян 0,4-0,6 г.

В диком виде кервель широко распространен на юге России. В культуре кервель выращивают в качестве пряно-ароматического растения. Кервель обыкновенный имеет очень короткий вегетационный период. Цветение, как правило, начинается в конце мая – начале июня. К уборке зелени можно приступать через месяц после появления всходов. Созревание плодов наступает в августе. Растение теневыносливое, холодостойкое, предпочитает легкие, хорошо дренированные почвы [1].

В пищу употребляют листья (как правило, в свежем виде), содержащие эфирное масло, основной компонент которого анетол. Аромат очень нежный и быстро улетучивается, поэтому добавлять его в качестве пряности необходимо в самый последний момент. Зелень кладут в салаты, соусы, супы. Кервель удачно сочетается с кисломолочными продуктами – творогом, сыром. Это высоковитаминное растение содержит каротин, витамин С, апиин. В диетическом питании его рекомендуют при заболеваниях печени, почек, желчного пузыря [2].

Морфометрические параметры внешнего строения семян и их варибельность привлекали внимание исследователей [3, 4]. Широко известны попытки связать пропорции (длины, ширины и толщины) семени и их изменчивости с посевными качествами [5]. Достижения цифровых технологий изучения морфометрии разнокачественности семян способствует автоматизации процесса [6].

Для большинства представителей семейства Зонтичные свойственны семена с недоразвитым зародышем [7]. Известно проявление разнокачественности семян по степени развития внутренних морфологических элементов семени – длине зародыша и эндосперма [8, 9]. С этим явлением связаны многие негативные качества, такие как замедленное прорастание, покой, недолговечность и другие [10].

Цель и задачи

Изучить специфику изменчивости основных линейных параметров семян (длину семени, эндосперма и зародыша), значения индексов $I_{з/э}$, $I_{з/с}$ и $I_{э/с}$ и корреляционные связи между ними у семи образцов кервеля овощного.

Материал и методы

Объектом исследований служили семена селекционных образцов кервеля овощного ФНЦО и районированных сортов.

Семена для морфометрического анализа сначала замачивали в растворе гипохлорита натрия (14 %) в течение 1 часа, а затем промывали в проточной воде. У каждого семени последовательно измеряли его длину, длину эндосперма (на продольном разрезе) и длину зародыша (после выделения). Длину семени и эндосперма измеряли с помощью штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли на микроскопе Levenhuk 670T и видеоокуляр DCM 300 MD (Microscope Digital, Китай) при

увеличении Ч40 с использованием программы Scope Photo (Image Software V. 3.1.386) [11].

Повторность опыта четырехкратная. В каждой повторности измеряли не менее 30 семян.

В процессе анализа экспериментальных данных рассчитывали индексы $I_{э/с}$, $I_{з/э}$, $I_{з/с}$ характеризующие соответствующие отношения длины семени, эндосперма и зародыша [12, 13]. Для градации параметра $I_{з/э}$ система классов с десятичным интервалом [14, 13, 11]. Различия между значениями параметров изученных образцов считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$ и $P \leq 0,01$ [15].

Результаты исследований и обсуждение

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2021 год, включено 7 сортов кервеля [16]. В частном секторе распространено большое количество местных форм, принципиально отличающихся друг от друга гладкой или кудрявой формой листовой пластинки. Исследования свидетельствуют о перспективности обогащения кервеля селеном с целью получения функционального продукта с повышенным содержанием микроэлемента [17].

Использованный в качестве стандарта сорт Ароматный – среднеспелый, срезку зелени проводят через 30-50 суток, а уборку семян через 110-130 суток после посева. Растение с цельными, волнистыми листьями. Урожайность зеленой массы 1,2-2,2 кг/м².

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) в 2021 году создан новый сорт кервеля Огородник. Сорт получен методом индивидуально-семейственного отбора с последующим закреплением основных морфологических и хозяйственно ценных признаков. Исходное дикорастущее растение выделено в Краснодарском крае, станица Калининская в 2010 году. Сорт среднеспелый. Период от полных всходов до хозяй-



Рис. Кервель обыкновенный, сорт Огородник, фаза хозяйственной годности
Fig. *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm., cv. Ogorodnik

ственной годности – 45-50 суток; до начала цветения – 70-75 суток. Розетка листьев промежуточная, высотой 45-50 см. Лист среднего размера, зелёной окраски, гладкий. Цветки белые. Урожайность зелёной массы 2,4 кг/м². Сорт характеризуется высоким антиоксидантным статусом. Холодостойкий. Рекомендуется для использования свежих листьев (до цветения) в качестве пряной приправы в домашней кулинарии, при консервировании и засолке (рис.)

Изученные образцы кервеля, как правило, существенно отличались между собой и от стандарта по всем изученным параметрам, в том числе по длине семени – от 5,20±0,112 мм до 8,44±0,181 мм, длине эндосперма – от 4,83±0,158 мм до 6,06±0,113 мм и длине зародыша – от 1,32±0,071 мм до 2,22±0,099 мм (табл. 1).

Семена сорта Ароматный (стандарт) имели длину 7,12±0,146 мм. У сорта Диетический этот показатель (7,15±0,197 мм) незначительно отличался от стандарта. Семена существенно меньшего размера имели два образца: сорт Огородник (6,56±0,158 мм; P≤0,05) и №21 ФНЦО (5,20±0,112 мм; P≤0,01), что на 8,0 и 27,0% меньше стандарта. Два образца имели семена существенно большего размера, в том числе №24 ФНЦО (7,34±0,157 мм; P≤0,05) и №22 ФНЦО (8,44±0,181 мм; P≤0,01), что соответственно на 3,0-18,0% выше контроля.

Длина эндосперма у стандарта составляла 5,20±0,121 мм, незначительно от него отличался сорт Диетический (5,22±0,147 мм) и образец №24 ФНЦО (5,19±0,129). Самый маленький размер эндосперма отмечен у образца №21 ФНЦО (4,83±0,158 мм; P≤0,05), что на 7,1% меньше контроля. Существенно превышали стандарт (на 7,5-16,5%) по длине эндосперма три образца, в том числе №20 ФНЦО (5,59±0,125) при 5% уровне значимости, а образец №22 ФНЦО (6,03±0,124) и сорт Огородник (6,06±0,113) – при 1% уровне значимости.

По длине зародыша сорта Ароматный (стандарт) занимал промежуточное положение 1,54±0,119 мм, несущественно от него отличались сорт Диетический (1,57±0,104 мм) и образец №20 ФНЦО (1,49±0,070 мм). Зародыш существенно меньшего размера имели сорт Огородник (1,32±0,071 мм; P≤0,05) и образец №21 ФНЦО (1,38±0,089 мм; P≤0,05), что на 14,3 и 10,4% меньше стандарта. Два образца имели зародыш существенно большего размера,

в том числе №24 ФНЦО (1,81±0,149 мм; P≤0,01) и №22 ФНЦО (2,22±0,099 мм; P≤0,01), что соответственно на 17,5-44,2% выше контроля.

Длина зародыша (степень его развития) оказывает определяющее влияние на процесс прорастания семян овощных зонтичных культур [18]. Чем меньше зародыш, тем больше период его развития, предшествующий наклевыванию, особенно в экстремальных условиях [15, 19, 20, 21].

Недоразвитый зародыш склонность семян впасть в состояние покоя под влиянием высокой температуры, испытывает угнетающее воздействие аллелопатически активных веществ, содержащихся в плодовой оболочке и других факторов [22-26].

Усиленное ветвление и особенности архитектуры семенных растений, негативные экологические, агротехнические, наследственные факторы, и особенно их сочетание может приводить к недоразвитию зародыша и как следствие к снижению посевных качеств семян [12, 15]. Одной из важных причин дегенерации зародыш и семени овощных зонтичных культур является повреждение их щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.) и другими сосущими вредителями, а также нарушение процесса опыления и недостаток опылителей [27-29]. Для повышения всхожести таких семян наиболее эффективно яровизирующее воздействие пониженной температуры [19, 20].

Коэффициент вариации (V, %) для параметра длина семени изменялся от 9,17% у стандарта до 12,3% у сорта Диетический. Для длины эндосперма коэффициент вариации изменялся от 8,35% сорта Огородник до 14,6% у образца №21 ФНЦО. Вариабельность этих показателей можно оценивать, как низкая или средняя. Значительно большей изменчивостью отличался зародыш, коэффициент вариации которого находился в пределах от 20,1% у образца №22 ФНЦО до 34,8% у сорта Ароматный (стандарт).

Значение имеет не только абсолютная, но и относительная длина зародыша, последняя, иногда может играть решающую роль. Индекс I_{з/э} (который рассчитывают, как отношение длины зародыша к длине эндосперма) изменялся от 0,218 у сорта Огородник до 0,369 у образца №22 ФНЦО. Сорт Ароматный (стандарт) по этому параметру (0,296) занимал промежуточное значение (табл. 2).

Таблица 1. Сортоспецифика основных линейных параметров семян
Table 1. Varietal specifics of the main linear parameters of seeds

Название и происхождение образца	Длина семени, мм		Длина эндосперма, мм		Длина зародыша, мм	
	X _{ср} ±S _{ср}	V, %	X _{ср} ±S _{ср}	V, %	X _{ср} ±S _{ср}	V, %
Ароматный (St.)	7,12±0,146	9,17	5,20±0,121	10,4	1,54±0,119	34,8
Огородник	6,56±0,158*	10,8	6,06±0,113**	8,35	1,32±0,071*	24,0
Диетический	7,15±0,197	12,3	5,22±0,147	12,6	1,57±0,104	29,5
№ 20 ФНЦО	7,64±0,201*	11,9	5,59±0,125*	9,97	1,49±0,070	21,0
№ 21 ФНЦО	5,20±0,112**	9,68	4,83±0,158*	14,6	1,38±0,089*	28,9
№ 22 ФНЦО	8,44±0,181**	9,60	6,03±0,124**	9,22	2,22±0,099**	20,1
№ 24 ФНЦО	7,34±0,157*	9,56	5,19±0,129	11,0	1,81±0,149**	29,5

* различия со стандартом существенны при 5% уровне значимости

** различия со стандартом существенны при 1% уровне значимости

Таблица 2. Значение индексов $I_{3/3}$, $I_{3/С}$ и $I_{Э/С}$ семян различных образцов
Table 2. The value of the indices $I_{3/3}$, $I_{3/С}$ и $I_{Э/С}$ of seeds of various

Название образца	$I_{Э/С}$	$I_{3/С}$	$I_{3/3}$
Ароматный (St.)	0,730	0,216	0,296
Огородник	0,924	0,202	0,218
Диетический	0,730	0,220	0,301
№ 20 ФНЦО	0,732	0,195	0,266
№ 21 ФНЦО	0,930	0,266	0,286
№ 22 ФНЦО	0,714	0,264	0,369
№ 24 ФНЦО	0,707	0,246	0,348

Согласно оригинальной методике [14] и последующего ее совершенствования была разработана система градации параметра $I_{3/3}$ на десять классов с десятичным интервалом. В соответствии с методикой [13, 11] семена образцов №22 ФНЦО, №24 ФНЦО и близкого к ним сорта Диетический можно отнести к четвертому классу. Все остальные образцы, включая и стандарт, соответствуют только третьему классу. Следует отметить, что у изученных образцов кверлея наиболее крупные зародыши в физическом и относительном выражении совпадали, что бывает далеко не всегда [19-21, 30].

Индекс $I_{3/С}$ (отношение длины зародыша к длине семени) изменялся от 0,195 у образца №20 ФНЦО до 0,266 у образца №21 ФНЦО. Индекс $I_{Э/С}$ (который показывает отношение длины эндосперма к длине семени и в значительной степени характеризует выполненность семян) изменялся от 0,707 у образца № 24 ФНЦО до 0,930 у образца №21 ФНЦО и близкого к нему сорта Огородник (0,924). Последние два образца представляют наибольший интерес по этому показателю.

Корреляционный анализ свидетельствует, что тесная связь (0,675-0,863), как правило, наблюдается между длиной семени и длиной эндосперма (табл. 3). Однако в этой паре отмечены резкие отклонения в сторону уменьшения коэффициента корреляции (r) до значения 0,265 у образца №21 ФНЦО и сорта Диетический.

По значению коэффициент корреляции между длиной семени и длиной зародыша образцы разделились на две группы. У образцов первой группы (сорт Огородник, № 24 ФНЦО, сорт Ароматный) отмечен низкий коэффициент корреляции (0,258-0,380). Во второй группе, в которую входили образцы №21 ФНЦО, №20 ФНЦО, №21 ФНЦО, №22 ФНЦО и

сорт Диетический, связь между длиной семени и длиной зародыша практически отсутствовала, поскольку коэффициент корреляции приближался к нулю.

Значения коэффициента корреляции между длиной эндосперма и длиной зародыша также были низкими, и изменялись от 0,127 у стандарта – сорта Ароматный до 0,422 у образца №24 ФНЦО.

Относительно низкая корреляционная связь длины зародыша с двумя другими параметрами была неоднократно зафиксирована у других овощных культур семейства зонтичные. И было высказано предположение, что причиной этого, по-видимому, является автономность, в том числе наследственного характера [13, 31].

Заключение

Таким образом, представленная в работе информация на примере семян кверлея свидетельствует о значительной изменчивости морфометрических параметров, в том числе линейных размеров и индексов (физических и относительных значений). Эти знания могут быть использованы для дополнительно углубленной характеристики качества семян, обоснования технологии процесса праймирования и других методов предпосевной обработки семян. Рассмотренные в статье параметры следует воспринимать не только как сугубо морфологические, но и как наследственно обусловленные признаки, селекционное совершенствование которых может разрешить многие задачи, связанные с проблемой качества семян не только кверлея, но и других овощных сельдерейных культур.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции (r) основных параметров семян
Table 3. Correlation coefficients (r) of the main parameters of seeds

Название образца	Семя-эндосперм	Семя-зародыш	Эндосперм-зародыш
Ароматный (St.)	0,675	0,258	0,127
Огородник	0,675	0,258	0,127
Диетический	0,265	0,045	0,394
№ 20 ФНЦО	0,822	0,042	0,148
№ 21 ФНЦО	0,265	0,045	0,394
№ 22 ФНЦО	0,822	0,042	0,148
№ 24 ФНЦО	0,863	0,380	0,422

Об авторах:

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

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, автор для переписки, kharchenkoviktor777@gmail.com

Надежда Александровна Еремина – младший научный сотрудник

About the authors:

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

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140> Correspondence Author, kharchenkoviktor777@gmail.com

Nadezhda A. Eremina – Junior Researcher

• Литература

1. Лудилов В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры (биология, выращивание, семеноводство). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 196 с.
2. Машанов В.И., Покровский А.А. Пряноароматические растения. М.: Агропромиздат. 1991. 287 с.
3. Овчаров К.Е., Кизилова Е.Г. Разнокачественность семян и продуктивность растений. М.: Колос, 1966. 160 с.
4. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
5. Макрушин Н.М., Макрушина Е.М., Шабанов Р.Ю., Есоян Е.А., Черемха Б.М. Семеноводство (методология, теория, практика). Симферополь: ИТ «Ариал», 2012. 556 с.
6. Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Щукина П.А., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур. *Картофель и овощи*. 2018;(6):35-37.
7. Еременко Л.Л. Морфологические особенности овощных растений в связи с семенной продуктивностью. Новосибирск: Издательство Наука. 1975. 469 с.
8. Ткаченко, Ткаченко, Семена овощных и бахчевых культур. М.: Колос, 1977. 192 с.
9. Грушвицкий И.В. Роль недоразвития зародыша в эволюции цветковых растений. М.-Л.: Издательство АН СССР. 1961. 47 с.
10. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р. Изменчивость, корреляция и факторы формирования морфологических параметров семян укропа. *Овощи России*. 2017;(5):37-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-37-41>
11. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. М.: Издательство ФГБНУ ФНЦО. 2020. 80 с.
12. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И. Морфометрия разнокачественности семян овощных зонтичных культур в процессе формирования и прорастания. *Вестник Алтай ГАУ*. 2014;7(117):26-32.
13. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р., Разин О.А. Морфометрия зародыша как элемент системы тестирования качества семян укропа. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018;(72):63-66.
14. Necaeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150-161. (doi.org/10.3176/eco.2013.2.06)
15. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2017;(2):5-19.
16. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
17. Харченко В.А., Голубкина Н.А., Молдован А.И., Карузо Д. Обогащение кервеля селеном. *Овощи России*. 2021;(1):79-86. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-79-86>
18. Vandeloof F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in *Apiaceae*. *New Phytologist*. 2012;(195):479-487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x)
19. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах. *Овощи России*. 2012;(3):38-46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46>
20. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Температурный стресс и термопокой семян овощных зонтичных культур. особенности индукции, проявления и преодоления (часть I). *Овощи России*. 2013;(2):36-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-36-41>
21. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея. *Картофель и овощи*. 2014;(5):34-36.
22. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Аллелопатическая активность у семян овощных сельдерейных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(1):86-90.
23. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex aucherii* and its hormonal explanation. *Vegetos - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. ([doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.017](https://doi.org/10.5958/j.2229-4473.27.1.017))
24. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders. *Scientia Agricola*. 2008;65(2):145-150.
25. Sun H.Z., Lu J.J., Tan D.Y., Baskin J.M., Baskin C.C. Dormancy and germination characteristics of the trimorphic achenes of *Garhadiolus papposus* (Asteraceae), an annual ephemeral from the Junggar Desert, China South African. *Journal of Botany*. 2009;(75):537-545. ([doi:10.1016/j.sajb.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.05.001))
26. Baskin J.M., Lu J.J., Baskin C.C., Tan D.Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy. *Seed Science Research*. 2013;(23):83-88. (doi.org/10.1017/s096025851300010x)
27. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф., Багров Р.А. Повреждение овощных зонтичных культур щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.) как фактор снижения продуктивности и качества семян. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014;10(120):19-25.
28. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Полосатый щитник – причина дегенерации семян овощных зонтичных культур. *Защита и карантин растений*. 2015;(8):26-29.
29. Бухаров А.Ф., Леунов В.И., Балеев Д.Н., Ховрин А.Н., Девятков А.Г., Бухарова А.Р. Беззародышевость семян моркови столовой как результат избирательного опыления (пчелы, шмели, мухи) и повреждений вредителем (щитник полосатый). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(4):5-16.
30. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Кашнова Е.В., Касаева Г.В., Иванова М.И., Разин О.А. Экологическая и сортовая изменчивость морфометрических параметров семян моркови. *Картофель и овощи*. 2019;(3):37-40.
31. Бухаров А.Ф. Разнокачественность семян: теория и практика (обзор). *Овощи России*. 2020;(2):23-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>

• References

1. Ludilov V.A., Ivanova M.I. Rare and rare vegetable crops (biology, cultivation, seed production). M.: FGNU "Rosinformagrotech", 2009. 196 p. (In Russ.)
2. Mashanov V.I., Pokrovsky A.A. Spicy aromatic plants. Moscow: Agropromizdat. 1991. 287 p. 3. Ovcharov K. E., Kizilova E. G. Different quality of seeds and plant productivity. M.: Kolos, 1966. 160 p. (In Russ.)
4. Strona I.G. General seed science of field crops. M.: Kolos, 1966. 464 p. (In Russ.)
5. Makrushin N.M., Makrushina E.M., Shabanov R.Yu., Yesoyan E.A., Cheremkha B.M. Seed production (methodology, theory, practice). Simferopol: IT "Ariall", 2012. 556 p. (In Russ.)
6. Musaev F.B.O., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Shchukina P.A., Bukharov A.F., Ivanova M.I. Digital morphometry of different quality of seeds of vegetable crops. *Potatoes and vegetables*. 2018;(6):35-37. (In Russ.)
7. Eremenko L.L. Morphological features of vegetable plants in connection with seed productivity. Novosibirsk: Nauka Publishing House. 1975. 469 p. (In Russ.)
8. Tkachenko, Tkachenko, Seeds of vegetable and melon crops. M.: Kolos, 1977. 192 p. (In Russ.)
9. Grushvitsky I.V. The role of underdevelopment of the embryo in the evolution of flowering plants. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1961. 47 p. (In Russ.)
10. Bukharov A.F., Baleev D.A., Ivanova M.I., Buharova A.R. Variability, correlation and factors of formation of morphological parameters of dill seeds. *Vegetable crops of Russia*. 2017;(5):37-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-5-37-41>
11. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Morphometry in the seed quality testing system. M.: Publishing house of the FGBNU FSVC. 2020. 80 p. (In Russ.)
12. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I. Morphometry of different quality of seeds of vegetable umbrellae crops in the process of formation and germination. *Vestnik Altai GAU*. 2014;7(117):26-32. (In Russ.)
13. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R., Razin O.A. Embryo morphometry as an element of the dill seed quality testing system. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018;(72):63-66. (In Russ.)
14. Necaeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). *Estonian Journal of Ecology*. 2013;(62):150-161. (doi.org/10.3176/eco.2013.2.06)
15. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Kinetics of seed germination. Research methods and parameters. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2017;(2):5-19. (In Russ.)
16. State register of selection achievements approved for use. T.1. "Varieties of Plants" (official publication). M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2021. 719 p. (In Russ.)
17. Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Moldovan A.I., Caruso G. Biofortification of chervil with selenium. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):79-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-79-86>
18. Vandeloof F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in *Apiaceae*. *New Phytologist*. 2012;(195):479-487. (doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x)
19. Baleev D.N., Buharov A.F. Specific vegetable seeds germination of umbelliferae cultures at different temperatures. *Vegetable crops of Russia*. 2012;(3):38-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2012-3-38-46>
20. Buharov A.F., Baleev D.N. Temperature stress and thermo dormancy of vegetable seeds of Umbelliferae crops. Features of induction; manifestation and overcome. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(2):36-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-2-36-41>
21. Bukharov A.F., Baleev D.N. Morphometry of parsley and celery seeds. *Potatoes and vegetables*. 2014;(5):34-36. (In Russ.)
22. Bukharov A.F., Baleev D.N. Allelopathic activity in seeds of vegetable celery crops. *Agricultural biology*. 2014;49(1):86-90. (In Russ.)
23. Tongshun W., Hongling W., Lei W., Baoping S. Germination of heteromorphic seeds of *Atriplex aucherii* and its hormonal explanation. *Vegetos - An International Journal of Plant Research*. 2014;(27):103-107. ([doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.017](https://doi.org/10.5958/j.2229-4473.27.1.017))
24. Pereira R.S., Nascimento W.M., Vieira J.V. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders. *Scientia Agricola*. 2008;65(2):145-150.
25. Sun H.Z., Lu J.J., Tan D.Y., Baskin J.M., Baskin C.C. Dormancy and germination characteristics of the trimorphic achenes of *Garhadiolus papposus* (Asteraceae), an annual ephemeral from the Junggar Desert, China South African. *Journal of Botany*. 2009;(75):537-545. ([doi:10.1016/j.sajb.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.05.001))
26. Baskin J.M., Lu J.J., Baskin C.C., Tan D.Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy. *Seed Science Research*. 2013;(23):83-88. (doi.org/10.1017/s096025851300010x)
27. Baleev D.N., Bukharov A.F., Bagrov R.A. Damage to vegetable umbrellae crops by the striped shield (*Graphosoma lineatum* L.) as a factor in reducing the productivity and quality of seeds. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2014;10(120):19-25. (In Russ.)
28. Baleev D.N., Bukharov A.F. The striped stink bug is the cause of seed degeneration in vegetable umbrellae crops. *Protection and quarantine of plants*. 2015;(8):26-29.
29. Bukharov A.F., Leunov V.I., Baleev D.N., Khovrin A.N., Devyatov A.G., Bukharova A.R. Germlessness of table carrot seeds as a result of selective pollination (bees, bumblebees, flies) and pest damage (striped stink bug). *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2016;(4):5-16. (In Russ.)
30. Bukharov A.F., Baleev D.N., Kashnova E.V., Kasaeva G.V., Ivanova M.I., Razin O.A. Ecological and varietal variability of morphometric parameters of carrot seeds. *Potatoes and vegetables*. 2019;(3):37-40. (In Russ.)
31. Bukharov A.F. Variability and heterogeneity of seeds: theory and practice (review). *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):23-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-23-31>

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-31-35>
УДК 635.758(089)-02

А.В. Петренко

УО «Белорусская государственная Орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
213410, Беларусь, Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки:

aleksey-petrenko@inbox.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Петренко А.В. Оценка образцов укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) по комплексу хозяйственно ценных признаков. *Овощи России*. 2022;(2):31-35.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-31-35>

Поступила в редакцию: 12.03.2022

Принята к печати: 14.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Alexey V. Piatrenka

ЕЕ "Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy"
5, st. Michurina, Gorki, Mogilev region, 213410, Belarus

*Correspondence Author:

aleksey-petrenko@inbox.ru

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

For citations: Piatrenka A.V. Assessment of samples of common dill (*Anethum graveolens* L.) by a complex of valuable characteristics. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):31-35.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-31-35>

Received: 12.03.2022

Accepted for publication: 14.04.2022

Published: 25.04.2022

Оценка образцов укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) по комплексу хозяйственно ценных признаков



Резюме

Актуальность. В настоящее время к сортам укропа пахучего предъявляются требования по морфологическим (прямостоячая форма куста, крупный лист и др.), фенологическим признакам, высокой продуктивности зеленой массы и семян и качественному составу. Биохимический состав является одним из главных показателей качества укропа. Укроп содержит до 90% влаги, однако даже в том небольшом количестве сухого вещества, находящегося в укропе, содержится много биологически важных соединений, которые необходимы для нормального функционирования организма человека. Поэтому при создании сортов следует учитывать данные показатели. Для этого необходимо изучение и оценка исходного материала и выделение перспективных форм для дальнейшей селекционной работы с целью создания сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков.

Целью исследований является оценка коллекционного материала укропа пахучего по урожайности и качеству продукции.

Материалы и методика. Исследования проводили на опытном поле кафедры плодово-овощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2019-2020 годах на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Объектами исследований являлись селекционные образцы (26) укропа, отобранные на кафедре плодово-овощеводства в результате индивидуального отбора из коллекции сортов: Дукал, Севастопольский, Гренадер, Болгарский местный, Мамут, Узоры, Салют, Алмаз, Местный китайский, Аллигатор, Решелье, Макс, Дальний, Ржеуцкий, местный из Краснодарского края, Иней.

Результаты. В статье представлены результаты изучения 26 селекционных образцов укропа пахучего в 2019–2020 гг. В ходе оценки коллекционного материала укропа пахучего выделены высокопродуктивные образцы, обладающие различными сроками наступления фазы технической спелости. По биохимическому составу у образцов укропа пахучего выявлены различия по содержанию сухого вещества, витамина С, каротина, низким накоплением нитратов. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделены образцы, которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе при создании новых сортов, обладающих скороспелостью, высокой урожайностью и качеством продукции, а также продолжительностью фазы технической спелости.

Ключевые слова: укроп пахучий, скороспелость, техническая спелость, биохимический состав, урожайность

Assessment of samples of common dill (*Anethum graveolens* L.) by a complex of valuable characteristics

Abstract

Relevance. Among green and spice crops, dill occupies a special place in the human diet. The crop is widespread and is represented by varieties for various purposes. At present, dill varieties are subject to requirements for morphological (upright form of a bush, large leaf, etc.), phenological characteristics, high productivity of green mass and seeds, and quality. The biochemical composition is one of the main indicators of the quality of dill. Dill contains up to 90% moisture, however, even in that small amount of dry matter found in dill, there are many biologically important compounds that are necessary for the normal functioning of the human body. Therefore, when creating varieties, these indicators should be taken into account. For this, it is necessary to study and evaluate the parent material and identify promising forms for further breeding work in order to create varieties that have a complex of valuable characteristics. The purpose of the research is to evaluate the collection material of common dill according to a complex of breeding and valuable traits.

Materials and Methods. The studies were carried out in the experimental field of the Horticulture Department of the Belarusian State Agricultural Academy in 2019–2020 on soddy-podzolic medium loamy soil. The experiments were performed in compliance with the agrotechnical requirements for plant care throughout the entire observation period. The objects of research were breeding samples (26) of dill, selected at the Horticulture Department as a result of individual selection from the collection of varieties: Dukal, Sevastopol, Grenadier, Local Bulgarian, Mamut, Uzory, Salut, Almaz, Local Chinese, Alligator, Reshelie, Max, Dalniy, Rzhetsky, a local Krasnodar variety, Hoarfrost.

Results. The article presents the results of a study of 26 breeding samples of common dill in 2019–2020. In the course of evaluating the collection material of common dill, highly productive samples were identified at different ripening periods. Differences in the content of dry matter, vitamin C, carotene, low accumulation of nitrates were revealed in the biochemical composition of common dill samples. According to the complex of traits valuable for breeding, samples were selected that can be used in further breeding work to create new varieties characterized by early maturity, high yield and product quality, as well as those having a longer term for the onset of the phase of industrial ripeness and a long period of shelf life.

Keywords: common dill, early maturity, industrial ripeness, biochemical composition, yield

Введение

Одно из важнейших научных направлений повышения эффективности овощеводства – развитие селекции. В настоящее время теоретические исследования направлены на разработку инновационных методов и технологий, способствующих ускорению селекционного процесса, создания генетических коллекций и их дальнейшее использование в селекции. Новые сорта должны обладать высокой продуктивностью, устойчивостью к неблагоприятному воздействию биотических факторов среды.

В последнее время значительно возрос спрос на овощную продукцию, причем, не только на традиционную, но и на малораспространенную, что требует создания новых сортов, отвечающим запросам потребителя [1, 2, 3].

Среди большого разнообразия зеленых овощных культур особое место занимает укроп пахучий (*Anethum graveolens* L.). Культура широко распространена во всех странах благодаря своим вкусовым качествам и высокому содержанию витаминов, сахаров, минеральных солей, эфирных масел и других ценных веществ [1, 4]. В листьях укропа содержатся минеральные соли калия, кальция, железа, соединения фосфора, витамины С, В₁, В₂, РР и Р. В медицине используют в основном плоды укропа, но и листья рекомендованы к применению при гипохромовой анемии благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты, каротина и железа. Биохимический состав укропа значительно варьирует в зависимости от сортовых особенностей, условий выращивания, сроков сбора и в процессе роста и развития [5, 6].

«Зеленый конвейер» укропа – это плановое, непрерывное производство зелени укропа в целях бесперебойного и равномерного обеспечения им хозяйства на весенне-летний и осенний периоды. Для получения свежей продукции в различные сроки, необходим правильный выбор сортов с учетом биологических особенностей и почвенно-климатических условий зоны. Подбор сортов укропа пахучего в условиях Беларуси позволит продлить сроки потребления в течение длительного времени. Возделывание новых сортов укропа будет способствовать не только расширению посевных площадей, а также увеличению исходного материала для селекции культуры. С целью продления периода хозяйственной годности, а также получения дополнительной массы зелени выращивают сорта укропа пахучего кустовой формы, которые обладают более длительным сроком использования продукции [7, 8].

Селекционная работа с укропом пахучим направлена на создание сортов с более продолжительным его использованием в фазу технической спелости, высокой продуктивностью и качеством товарной продукции [9]. В Государственный реестр сортов внесено для приусадебного возделывания 27 сортов укропа пахучего. Таким образом, актуальность обоснована изучением и оценкой исходного материала укропа пахучего, биологических, морфологических признаков, а также биохимических показателей, позволяющая выделить образцы по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Целью исследований является оценка коллекционного материала укропа пахучего по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Материалы и методика

Исследования проводили на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2019-2020 годах на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыты были заложены с соблюдением агротехнических требований по уходу за растениями в течение всего периода наблюдений.

Объектами исследований являлись селекционные образцы (26) укропа, отобранные на кафедре плодовоовощеводства в результате индивидуального отбора из коллекции сортов: Дукат, Севастопольский, Гренадер, Болгарский местный, Мамут, Узоры, Салют, Алмаз, Местный китайский, Аллигатор, Решелье, Макс, Дальний, Ржеуцкий, местный из Краснодарского края, Иней.

Повторность опытов трехкратная, размещение делянок рандомизированное [10, 11].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по температурному режиму, так и количеству атмосферных осадков, по годам исследований, что способствовало объективной оценке коллекционного материала по изучаемым признакам.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что наступление и продолжительность периода фазы технической спелости связаны со скороспелостью образцов.

Наступление фазы технической спелости в 2019 году у большинства образцов наблюдалось на 36-40 сутки. У раннеспелого сорта Ароматный букет продолжительность данного периода составила 35 суток. У образцов 68/10, 80/10, 269/10 фаза технической спелости наступила на 40 сутки, у 300/10 – 41. Между сроками наступления технической спелости различия в зависимости от образца составляли 5 суток.

В условиях 2020 года продолжительность периода от всходов до начала фазы технической спелости составила 33-39 суток. Коротким межфазным периодом «всходы – товарная спелость» в 2020 г. обладал образец 226/10 (34 суток). У образцов 68/10, 269/10 и 300/10 фаза бутонизации наступила на 39 сутки.

В результате исследований установлено, что в среднем за два года у образцов продолжительность периода «всходы – начало фазы технической спелости» составила 34,5-40,0 суток, у образцов 68/10, 269/10, Комбат и 300/10 – 39,5-40,0 суток.

В условиях северо-восточной части Республики Беларусь период товарной спелости у образцов составлял от 7 до 32 суток.

В 2019 году у раннеспелых образцов укропа пахучего период технической спелости длился 7-8 суток, у позднеспелых образцов 89/10, 69/10 – 29, 300/10 – 30, Комбат – 32 суток.

В 2020 г. установлено, что у раннеспелых образцов укропа период товарной спелости составил 7-9 суток. У образца 226/10 – 7 суток. Позднеспелые образцы характеризовались продолжительным периодом товарной спелости – от 26 (256/10, 58/10) до 30 (300/10) суток. В среднем за два года исследований у образцов продолжительность фазы технической спелости составила от 7,3 до 29,7 суток.

Таблица 1. Конвейер поступления зелени укропа
Table 1. Take-away conveyor for dill greens

Образец	Дата посева	Период поступления продукции				
		25.05-04.06.	04.06-18.06.	18.06.-14.07.	15.07.-14.08.	15.08.-14.09.
75/10 (Ивар)	20.04.					
88/10	27.04.					
295/10	11.05.					
Комбат	05.06.					
300/10	05.07.					

На основании оценки образцов по установлению сроков наступления фазы технической спелости и ее продолжительности можно создать конвейер поступления продукции на протяжении периода вегетации сортов укропа (табл. 1). Правильно подобранные сорта и

сроки посева совместно с другими технологическими приемами (уход, подготовка семян к посеву и пр.) гарантируют непрерывное поступление продукции хорошего качества и увеличивают общую продуктивность растений.

Таблица 2. Урожайность образцов укропа в фазу технической спелости 2019-2020 годы, кг/м²
Table 2. Productivity of dill samples in the phase of industrial ripeness 2019-2020, kg/m²

Образец	2019 год	2020 год	среднее
226/10	4,2	4,2	4,2
89/10	4,1	4,3	4,2
55/10	4,2	4,3	4,3
301/10	4,2	4,1	4,2
53/10	4,1	4,2	4,1
75/10 (Ивар)	4,4	4,6	4,5
54/10	4,4	4,6	4,5
88/10	5,0	5,4	5,2
274/10	4,3	4,7	4,5
72/10	4,2	4,6	4,4
74/10	4,5	4,5	4,5
225/10	4,8	5,0	4,9
276/10	4,7	4,9	4,8
83/10	5,0	5,2	5,1
82/10	4,2	4,1	4,2
256/10	5,3	5,5	5,4
295/10	4,9	5,1	5,0
68/10	4,6	5,0	4,8
268/10	4,7	4,1	4,4
80/10	4,6	4,4	4,5
269/10	4,9	4,7	4,8
300/10	5,1	5,3	5,2
Озорник	3,5	3,8	3,7
Ароматный букет	2,4	2,7	2,6
Удалец	3,5	3,8	3,7
Комбат	3,8	3,9	3,9
НСР ₀₅	0,15	0,17	

По урожайности (табл. 2) изучаемые образцы значительно отличались в зависимости от года и группы скороспелости. В 2019 году урожайность составила от 2,4 до 5,3 кг/м². Высокая урожайность получена у образцов 83/10 (5,0 кг/м²), 88/10 (5,0 кг/м²), 256/10 (5,3 кг/м²), 300/10 (5,1 кг/м²). В 2019 году различия по урожайности между образцами составили 2,21 раза.

В 2020 году урожайность варьировала от 4,1 кг/м² у образцов 301/10 и 82/10 до 5,3 кг/м² у образца 300/10. Максимальная урожайность получена у образца 256/10 – 5,5 кг/м², минимальная – 4,1 кг/м² у 89/10. В среднем за два года урожайность составила от 4,1 кг/м² (53/10) до 5,4 кг/м² (256/10).

Биохимические данные 2019-2020 годы представлены в таблице 3. В результате исследований установле-

но, что в 2019 году содержание сухого вещества в зависимости от образца составило от 14,7% до 27,7%. Высоким содержанием характеризовались образцы 226/10 (27,7%), 256/10 (18,3%), 276/10 (18,2%), 75/10 (17,8%) и 295/10 (17,5%). У большинства образцов содержание сухого вещества составляло от 15,1% до 18,3%.

В 2020 году по содержанию сухого вещества выделены образцы 226/10 (24,6%), 89/10 (18,3%), 276/10 (17,8,8%) и 88/10 (17,6%).

По содержанию витамина С в 2019 году выделены образцы 53/10 (31,2 мг%), 68/10 (33,1 мг%), 75/10 (34,5 мг%), 226/10 (31,2 мг%), 256/10 (36,2 мг%), 269/10 (33,1 мг%), 276/10 (34,2 мг%), 295/10 (34,3 мг%). В 2020 году высоким содержанием аскорбино-

Таблица 3. Биохимический состав образцов укропа пахучего, 2019-2020 годы
Table 3. Biochemical composition of common dill samples, 2019-2020

Образец	Сухое вещество, %		Витамин С, мг%		Сумма сахаров, %		Каротин, мг%		Нитраты, мг/кг	
	2019 год	2020 год	2019 год	2020 год	2019 год	2020 год	2019 год	2020 год	2019 год	2020 год
Озорник	13,2	13,4	36,7	14,5	1,17	1,58	14,1	32,5	658	1623
Ароматный букет	21,7	15,9	31,5	14,2	1,51	1,42	13,4	23,1	369	811
Удалец	10,8	14,3	15,6	14,7	1,49	1,89	17,4	27,3	894	2047
Комбат	15,2	16,7	19,4	18,7	1,34	1,19	15,6	33,8	981	2146
53/10	17,1	16,8	31,2	23,9	1,75	1,65	33,2	34,9	620	2004
54/10	16,8	15,9	28,4	29,0	2,02	1,87	26,1	31,3	485	2120
55/10	15,4	16,1	25,0	27,6	1,78	1,46	24,7	28,8	1128	2886
68/10	17,4	16,2	33,1	28,9	1,64	1,52	26,1	28,0	917	1605
72/10	14,7	16,5	28,0	26,6	1,34	1,46	21,2	25,7	1067	2004
74/10	15,1	16,5	30,7	27,9	1,66	1,52	22,0	25,7	618	2046
75/10 (Ивар)	17,8	16,9	34,5	31,8	2,01	1,83	34,2	33,0	707	2014
80/10	16,5	15,3	28,7	26,6	1,88	1,62	25,8	29,7	607	1753
82/10	15,5	13,7	22,5	28,3	1,20	1,83	26,2	27,8	786	2346
83/10	16,9	15,6	27,1	26,0	1,34	1,59	26,4	30,9	935	1856
88/10	16,4	17,6	26,1	28,6	2,84	1,98	28,0	30,2	652	2023
89/10	15,8	18,3	26,7	22,5	1,71	1,67	23,7	29,1	920	2221
225/10	16,4	17,7	24,8	22,1	1,52	1,70	25,2	33,0	742	2197
226/10	27,7	24,6	31,2	26,9	2,44	1,88	23,4	28,7	682	2055
256/10	18,3	17,9	36,2	32,4	1,37	1,58	25,6	31,0	1007	2374
268/10	15,7	16,6	26,7	25,5	1,70	1,82	27,3	32,2	676	2305
269/10	15,9	16,3	33,1	25,7	1,38	1,52	24,9	27,4	935	2198
274/10	17,1	16,8	27,5	23,6	1,46	1,54	26,7	30,5	927	2002
276/10	18,2	17,8	34,2	28,5	1,53	1,72	24,6	30,2	731	2281
295/10	17,5	16,5	34,3	30,2	1,64	1,79	21,6	30,4	914	1982
300/10	16,9	15,3	27,1	28,3	1,51	1,63	23,7	27,4	806	1857
301/10	16,6	15,5	26,8	29,1	1,77	1,84	22,1	31,0	577	1061

вой кислоты характеризовались образцы 54/10, 68/10, 75/10, 256/10, 295/10, 301/10. Различия между минимальным и максимальным значениями по данному показателю в 2019 году составили 1,61, в 2020 году – 1,47 раза.

Содержание каротина в укропе пахучем в 2019 году было ниже по сравнению с 2020 годом. По содержанию каротина в 2019 году отмечены образцы 53/10 (33,2 мг%), 75/10 (34,2 мг%), 88/10 (28,0 мг%), в 2020 году – 53/10 (34,9 мг%), 75/10 (33,0 мг%), 225/10 (33,0 мг%) и 268 (32,2 мг%).

Анализ полученных результатов показывает, что в 2019 году содержание сахаров в образцах варьировало в пределах 1,20-2,84%, в 2020 году – 1,46-1,98%. Более высокое содержание сахаров в 2019 году отмечено у образцов 54/10 (2,02%), 75/10 (2,02%), 88/10 (2,84%), 226/10 (2,44%), в 2020 году – у 54/10 (1,87%), 88/10 (1,98%) и 226/10 (1,88%).

В годы исследований по накоплению нитратов наблюдались различия. Так, в 2019 году данный показатель в зависимости от образца находился в пределах 577–1128 мг%, в 2020 году – 1061–2886 мг%. У образца 55/10 содержание нитратов в 2019-2020 годах составило 1128 мг% и 2886 мг% соответственно. Минимальное содержание нитратов характерно для образца 301/10 – 577 и 1061 мг% соответственно. В целом, у большинства изученных образцов укропа пахучего содержание нитратов не превышало установленной нормы ПДК.

Выводы

С помощью подбора сортов и установления сроков прохождения фазы от всходов до технической спелости можно создать конвейер поступления продукции в течение всего периода вегетации.

На основании оценки коллекционного материала укропа пахучего выделены высокоурожайные образцы: 83/10, 300/10 (4,4-5,2 кг/м²), 54/10, 274/10 (4,2-4,8 кг/м²), 88/10 (4,9-5,4 кг/м²); 295/10 (4,6-5,1 кг/м²), 225/10 (4,2-4,7 кг/м²).

По биохимическому составу у образцов укропа пахучего выявлены различия по содержанию сухого вещества, витамина С, каротина и накоплению нитратов.

По комплексу хозяйственно ценных признаков выделены образцы 75/10, 88/10, 256/10, 295/10 и сорта Комбат, Озорник, которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе при создании новых сортов, обладающих скороспелостью, высокой урожайностью и качеством продукции.

Для дальнейшей селекционной работы рекомендованы образцы 75/10, 269/10, 191/10, 300/10 и сорт Комбат укропа пахучего, обладающие более длительным сроком наступления фазы технической спелости (от всходов до конца товарной спелости) и продолжительным периодом хозяйственной годности).

В качестве источников высокой урожайности в среднем за два года исследований выделены образцы укропа пахучего 75/10, 88/10, 295/10, 83/10 и 300/10. Низким накоплением нитратов характеризовались сорта Озорник, Ароматный букет, образцы 46/10, 75/10, 88/10. По содержанию каротина выделены сорта Комбат, Озорник, образцы 46/10, 53/10, 75/10, 255/10, 256/10, 276/10, витамина С – сорт Озорник, образцы 49/10, 68/10, 75/10, 226/10, 256/10, 287/10.

Об авторе:

Алексей Владимирович Петренко – заведующий лабораторией научно-исследовательской части, aleksey-petrenko@inbox.ru

About the author:

Alexey V. Piatrenka – Head of the research laboratory, aleksey-petrenko@inbox.ru

• Литература

1. Аутко А.А., Аутко Ан.А. Овощи в питании человека. Минск, 2008. 306 с.
2. Прохоров И.А., Крючков А.В., Комиссаров В.А. Селекция и семеноводство овощных культур. М.: Колос, 1981. С.280-286.
3. Дудченко Л. Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. Киев, 1989. 304 с.
4. Хомякова Е.М. Укроп. *Картофель и овощи*. 1995;(5):9.
5. Биггс Т. Овощные культуры. М.: Мир, 1990. 91 с.
6. Дамбраускене Е.Л., Рубинскене М.В., Вишкялис П.И. Урожайность и качество сортов укропа (*Anethum graveolens* L.). Овощеводство: сборник научных трудов. Национальная академия наук Беларуси, РУП "Институт овощеводства НАН Беларуси". Минск, 2006. Вып. 12: Основные направления научно-технического прогресса в овощеводстве стран СНГ и Балтии: Основные направления научно-технического прогресса в овощеводстве стран СНГ и Балтии. С.215-218.
7. Галух Л.В., Комарова Р.А., Тютюнник В.И. К оценке мировой коллекции укропа по хозяйственно-биологическим признакам. V Всесоюз. симпоз. "Основные направления науч. исслед. по интенсификации эфиромаслич. пр-ва". Тез. докл. Симферополь, 1990. С.11-12.
8. Циунель М.М. Фирма "Гавриш". Сортовое разнообразие укропов. *Картофель и овощи*. 2000;(5):23-24.
9. Гануш Г.И., Куприенко Н.П., Анцугай Ф.И. Основные направления и результаты селекции овощных культур в Республике Беларусь. Международный симпозиум по селекции и семеноводству овощных культур. ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. М., 1999. С.116-118.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М: Агрпромиздат, 1985. 351 с.
11. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 648 с.

• References

1. Autko A.A., Autko An.A. Vegetables in human nutrition. Minsk, 2008. 306 p. (In Russ.)
2. Prokhorov I.A., Kryuchkov A.V., Komissarov V.A. Selection and seed production of vegetable crops. M.: Kolos, 1981. P.280-286. (In Russ.)
3. Dudchenko L. G. Spicy-aromatic and spicy-flavoring plants. Kyiv, 1989. 304 p. (In Russ.)
4. Khomyakova E.M. Dill. *Potatoes and vegetables*. 1995;(5):9. (In Russ.)
5. Biggs T. Vegetable crops. M.: Mir, 1990. 91 p. (In Russ.)
6. Dambrauskene E.L., Rubinskene M.V., Vishkylis P.I. Productivity and quality of dill varieties (*Anethum graveolens* L.). Vegetable growing: a collection of scientific papers. National Academy of Sciences of Belarus, RUE "Institute of Vegetable Growing of the National Academy of Sciences of Belarus". Minsk, 2006. Issue. 12: The main directions of scientific and technological progress in the vegetable growing of the CIS and Baltic countries: The main directions of scientific and technological progress in the vegetable growing of the CIS and Baltic countries. pp.215-218. (In Russ.)
7. Galukh L.V., Komarova R.A., Tyutyunnik V.I. On the assessment of the world collection of dill on economic and biological grounds. V All-Union. sympos. "The main directions of scientific research on the intensification of essential oil production". Tez. report Simferopol, 1990. P.11-12. (In Russ.)
8. Tsiunel M.M. Firm "Gavriush". Varietal variety of dill. *Potatoes and vegetables*. 2000;(5):23-24. (In Russ.)
9. Ganush G.I., Kuprienko N.P., Antsugay F.I. The main directions and results of breeding vegetable crops in the Republic of Belarus. International Symposium on Breeding and Seed Production of Vegetable Crops. All-Russian Research Institute of Selection and Seed Production of Vegetable Crops. M., 1999. P.116-118. (In Russ.)
10. Dospikhov B.A. Methods of field experience. M: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
11. Litvinov S.S. Methods of field experience in vegetable growing. M., 2011. 648 p. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>
УДК 635.11:(631.563+664.7):581.19

**В.А. Заячковский, А.И. Молдован,
В.И. Терешонок, В.А. Харченко,
М.С. Антошкина, Л.В. Павлов,
Н.А. Голубкина*, В.А. Степанов**

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

*Автор для переписки:
segolubkina45@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Заячковский В.А., Молдован А.И., Терешонок В.И., Харченко В.А., Антошкина М.С., Павлов Л.В., Голубкина Н.А., Степанов В.А. Факторы, влияющие на уровень общей антиоксидантной активности и содержание полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой в процессе приготовления и хранения. *Овощи России*. 2022;(2):36-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>

Поступила в редакцию: 01.04.2022
Принята к печати: 18.04.2022
Опубликована: 25.04.2022

**Vladimir A. Zayachkovsky, Anastasia I. Moldovan,
Vladimir I. Tereshonok, Viktor A. Kharchenko,
Marina S. Antoshkina, Leonid V. Pavlov,
Nadezhda A. Golubkina*, Viktor A. Stepanov**

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

*Corresponding author:
segolubkina45@gmail.com

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Zayachkovsky V.A., Moldovan A.I., Tereshonok V.I., Kharchenko V.A., Antoshkina M.S., Pavlov L.V., Golubkina N.A., Stepanov V.A. Factors affecting total antioxidant activity and polyphenol content in beet root chips during production and storage. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):36-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>

Received: 01.04.2022
Accepted for publication: 18.04.2022
Published: 25.04.2022

Факторы, влияющие на уровень общей антиоксидантной активности и содержание полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой в процессе приготовления и хранения



Резюме

Актуальность и методика исследований. Чипсы являются одним из наиболее востребованных продуктов питания с высоким содержанием биологически активных соединений. Целью работы явилась оценка качества и сохранности антиоксидантов чипсов из свеклы столовой разных сортов. Изучено влияние метода высушивания (конвекционная, лиофильная сушка), а также условий хранения (бумажные пакеты, вакуумирование полиэтиленовых пакетов, хранение в фольге) чипсов из корнеплодов 4 сорта свеклы столовой. Для оценки качества продукции использовали биохимические методы анализа и дегустационную оценку.

Результаты. Установлены межсортовые особенности сохранности жирорастворимых антиоксидантов при изготовлении чипсов и в разных условиях хранения. Показано, что в бумажных пакетах уровень антиоксидантной активности (АОА) и содержание полифенолов сохраняется лучше в продукте конвекционной сушки, в противоположность от аналогичных данных для чипсов, хранившихся в пакетах из полиэтиленовой пленки, упакованных под вакуумом. Различия в сохранности АОА и содержании полифенолов для продукта, полученного конвекционной и лиофильной сушкой, практически отсутствовали. По данным дегустационной оценки (внешний вид, вкус, текстура, аромат) наименьшее количество баллов оказалось у сорта Гаспадыня. Наибольшие потери полифенолов при хранении в фольге оказались характерны для чипсов из корнеплодов сорта Гаспадыня, а при хранении в бумажных пакетах - для чипсов из корнеплодов свеклы столовой сорта Добрыня. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о необходимости выбора только определенных сортов свеклы столовой для приготовления чипсов, определяющих как вкус, так и сохранность продукта.

Ключевые слова: свекла столовая, корнеплоды, чипсы, сохранность, антиоксиданты, межсортовые различия

Factors affecting total antioxidant activity and polyphenol content in beet root chips during production and storage

Abstract

Relevance and methods. Chips are considered to be one of the most popular food products with high content of biologically active compounds. The aim of the present work was evaluation of quality and antioxidant self-life of beet chips from different cultivars. Effect of drying method (convection, freeze drying) and storage conditions (paper, vacuum plastic bags and aluminum foil) on beet root chips from 4 cvs self-life was investigated. Biochemical methods of analysis and tasting evaluation were used.

Results. Beet intervarietal differences in self-life of chips fat soluble antioxidants were indicated. Paper bags were shown to produce the highest AOA and phenolics values of convection drying products contrary to freeze drying chips in vacuum plastic bags. Differences in AOA and phenolics self-life of products produced via convection and freeze drying are absent. Tasting evaluation (appearance, taste, texture, aroma) revealed the lowest score for Gaspadynya cv. The highest polyphenols loss in chips stored in aluminum foil was typical for Gaspadynya cv chips, while storage in paper bags – for chips from Dobrynya cv chips. In a whole, the results of the present investigation indicate the importance intervarietal differences in beet chips production, as genetic differences determine taste and storability of the product.

Keywords: beet, roots, chips, self-life, antioxidants, intervarietal differences

1. Введение

Высокое содержание биологически активных соединений, антиоксидантов и природных красителей определяют широкий спектр применения корнеплодов свеклы столовой в самых разных областях: медицине, косметике, в качестве источника природных красителей, для повышения сохранности мяса, а также получения специфических продуктов питания, богатых антиоксидантами: соков, сладостей и чипсов. Особое направление получило использование кожуры красной свеклы в качестве аттрактанта для малярийных комаров [1] а также применение оранжевых сортов в аналитической химии в качестве индикатора pH (рис. 1).

Среди продуктов питания чипсы в этой связи занимают



Рис. 1. Использование корнеплодов свеклы
Fig. 1. Beet roots utilization

особое положение, как продукт, широко востребованный среди населения, и предназначенный как для взрослых, так и для молодежи, и отличающийся высокими уровнями антиоксидантной активности, сахаров, пищевых волокон и минералов. Присутствие беталаиновых пигментов, представленных бетаксантинами (оранжевые пигменты) и бетацианинами (красные пигменты), обеспечивают максимально высокую антиоксидантную активность водных экстрактов, предупреждая возникновение и развитие различных заболеваний, связанных с окислительным стрессом и проявляя гепатопротекторное, кардиопротекторное, противовоспалительное, противораковое действие [2, 3]. Биохимический состав корнеплодов свеклы столовой и способность накапливать значительные концентрации нитратов определяют перспективность применения свеклы для лечения сердечно-сосудистых заболеваний [4].

Приготовление чипсов, основанное на высушивании растительного материала, приводит к изменению как физических, так и химических свойств, пищевой ценности, микробиологической стабильности и биодоступности компонентов [5, 6]. Так, для свеклы столовой показано, что усвоение антиоксидантов, включая полифенолы, идет более активно из высушенного продукта, чем из сырых корнеплодов [7].

Получение продукта высокого качества без добавок и консервантов с природным ароматом и вкусом и хорошей лежкостью является важнейшим требованием при изготовлении чипсов, что подразумевает обеспечение быстроты процесса высушивания [8, 9;10]. Среди различных методов высушивания два: конвекционная и лиофильная сушки являются наиболее распространенными. Однако если первый характеризуется использованием сравнительно высоких температур, приводя к деградации значительного количество биологически активных соединений, то второй отличается длительностью процесса и высоким энергопотреблением. Снижение дегустационной оценки продукта, подвергнутого воздействию высокой температуры (обычно 65...85оС) наиболее часто отражается в снижении пористости и повышении жесткости высушенного продукта [6]. Повышенные температуры могут также ухудшать цвет продукта, что особенно четко проявляется на сохранности беталаиновых пигментов корнеплодов свеклы столовой. Эти соединения, как известно, очень чувствительны к высоким температурам, свету и воздействию кислорода [11].

С другой стороны, гораздо меньшее внимание до настоящего времени уделялось сохранности полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой, а также изменению общей антиоксидантной активности жирорастворимых соединений. В связи с этим целью настоящей работы явилась оценка эффективности использования различных технологических приемов приготовления и хранения чипсов из корнеплодов разных сортов свеклы столовой селекции ФНЦО.

2. Материалы и методы

2.1. Получение исходного сырья

Свеклу столовую сортов Добрыня, Любава, Гаспадыня и перспективный сортообразец А-125

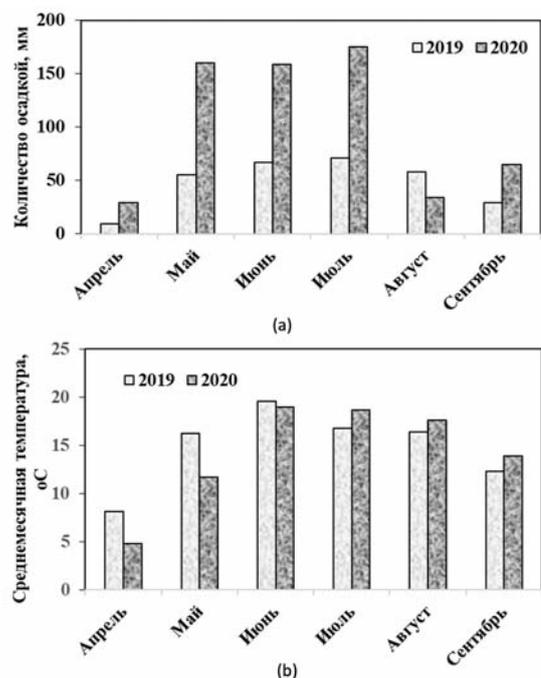


Рис 2. Среднемесячное количество осадков (а) и температура (б) в 2019-2020 годах
Fig. 2. Mean month precipitation (a) and temperature (b) in 2019-2020

выращивали на опытных полях ФНЦО в 2019-2020 годах (Московская обл. 55°39.51'N, 37°12.23'E). Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая с pH=6.8. Содержание органического вещества – 2.1%, N – 108 мг/кг сухой массы, P₂O₅ – 450 мг/кг сухой массы, K₂O – 357 мг/кг сухой массы, сумма обменных оснований – 95.2%. Климатические особенности исследованного периода представлены на рис.2 а, б.

Уборку корнеплодов проводили в первой декаде сентября, хранение осуществляли в стандартных условиях.

Перед проведением анализов корнеплоды освобождали от остатков почвы, промывали водой, подсушивали на воздухе и снимали кожуру. Пять корнеплодов каждого сорта гомогенизировали и использовали для проведения биохимических анализов: установления содержания сухого вещества, сахаров, беталаиновых пигментов, полифенолов, нитратов, водорастворимых соединений и общей антиоксидантной активности.

2.2. Приготовление чипсов

Для получения чипсов 20 очищенных корнеплодов каждого сорта нарезали дольками толщиной 2 мм на овощерезке (CL-50 Robot coupe, Франция). Нарезанные ломтики сушили или в сушильном шкафу (конвекционная сушка, сушильный шкаф), или применяли лиофильную сушку (Delta 1-24, Германия). Перед проведением процесса лиофилизации чипсы замораживали до -40°C (холодильник Haier-DW-40L508, Китай).

2.3. Хранение чипсов

Для выбора наиболее оптимальных условий хранения полученных чипсов применяли следующие упаковки: 1) бумажные пакеты, вакуумированная полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354-82) и алюминиевая фольга (ГОСТ 12302-2013). Толщина полиэтиленовой пленки составила 0.5 мм. Вакуумирование упаковок осуществляли на вакуумном упаковщике Jumbo 42 (Голландия). Упакованные образцы хранили при комнатной температуре в темном помещении. Сохранность антиоксидантов регистрировали по соответствующим показателям до и через 8 месяцев после хранения.

2.4. Биохимические показатели

2.4.1. Сухое вещество определяли гравиметрически после высушивания образцов при 70°C до постоянной массы [12].

2.4.2. Содержание сахаров устанавливали цианидным методом [12].

2.4.3. Водорастворимые соединения

Уровень накопления водорастворимых соединений определяли в водных экстрактах образцов с использованием портативного кондуктометра TDS-3 (Сеул, Корея).

2.4.4. Нитраты

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

2.4.5. Беталаиновые пигменты

Содержание беталаиновых пигментов определяли спектрофотометрически по величине поглощения водных экстрактов при 535 нм (бетацианины) и 485 нм (бетаксантины), используя соответствующие значения экстинкций 60000 (бетацианины) и 48000 (бетаксантины) [13].

2.4.6. Полифенолы

Содержание полифенолов определяли спектрофотометрически с помощью реактива Фолина-Чиокалтеу [13]. 1 г сухого порошка образцов растительного материала экстрагировали в течение часа при 80°C 20 мл 70% этанола. Раствор охлаждали до комнатной температуры, переносили количественно в 25 мл мерную колбу и доводили до метки 70% спиртом. Полученный экстракт перемешивали и фильтровали через складчатый фильтр. В мерную колбу на 25 мл добавляли 1 мл экстракта, 2,5 мл насыщенного раствора карбоната натрия Na₂CO₃ и 0,25 мл разбавленного вдвое дистиллированной водой реактива Фолина-Чиокалтеу. Полученную смесь после интенсивного перемешивания доводили до метки дистиллированной водой. Через час после окончания реакции измеряли показатель поглощения раствора при 730 нм на спектрофотометре Unicо 2804 UV (США). Содержание полифенолов рассчитывали по стандартной кривой, полученной с использованием растворов галловой кислоты (Sigma) в интервале концентрации 0-90 мкг/мл. Результаты определения выражали в мг-экв. галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

2.4.7. Антиоксидантная активность (АОА)

Для определения антиоксидантной активности использовали титрометрический метод [13], основанный на титровании раствора 0.01 N KMnO₄ в кислой среде этанольным экстрактом (см.2.4.6) высушенных гомогенизированных корнеплодов свеклы столовой или чипсов до обесцвечивания раствора, свидетельствующего о полном восстановлении Mn⁺⁶ до Mn⁺². В качестве внешнего стандарта использовали галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

2.4.8. Статистика

Статистическую обработку материала осуществляли с использованием статистической программы Excell.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Биохимическая характеристика исходного сырья

Выбранные сорта свеклы столовой для приготовления чипсов характеризовались высоким содержанием беталаиновых пигментов, полифенолов, общей антиоксидантной активности и дисахаров (табл.1). Общее содержание сахаров составило 73-78% в расчете на сухую массу. Однако, по содержанию моносахаров выделился сорт Гаспадыня, в корнеплодах которого содержание моносахаров оказалось в 2-5 раз больше, чем в сортах Добрыня, Любава и сортообразце А-125.

Данные таблицы 2 показывают, что все используемые сорта имели сходное содержание беталаиновых пигментов, общий уровень антиоксидантной активности жирорастворимых антиоксидантов и содержание полифенолов. Исключение составил сорт Любава, содержание беталаиновых пигментов в корнеплодах которого было достоверно ниже, чем в сортах Гаспадыня, Добрыня и в корнеплодах перспективного сортообразца А-125, что отражалось также на более низком показателе антиоксидантной активности водного экстракта корнеплодов этого сорта.

Таблица 1. Содержание сухого вещества, сахаров, нитратов и водорастворимых соединений в корнеплодах свеклы
Table 1. Dry matter, sugar and total dissolved solids content in beet root

Сорт Cultivar	Сухое вещество, % Dry matter	Моносахара, %* Monosaccharides, %	Дисахара, %* Disaccharides, %	Соотношение Ди/моно Di/mono sugar ratio	Общее содержание сахаров, %* Total sugar, %	Нитраты, мг/кг ⁻¹ с.м. Nitrates, mg/kg d.w.
Добрыня Dobrynya	19.3a	5.9b	72.1ab	12.2b	78.0ab	157a,b
Любава Lubava	19.0a	6.6b	84.3a	12.8b	90.9ab	132b
Гаспадыня Gaspadynya	20.5a	14.3a	77.9ab	5.4c	92.2a	102c
A-125	18.7a	2.8c	70.3b	25.1a	73.1b	176a
M±SD	19.4±0.6	7.4±3.5	76.2±5.0	13.9±5.6	83.6±8.0	113±34
CV, %	3.1	47.3	6.6	33.1	9.6	30.0

*в расчете на сухую массу. Значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

*per d.w. Values in columns with similar letter do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

Таблица 2. Показатели антиоксидантного статуса корнеплодов свеклы
Table 2. Antioxidant status of beet roots

Сорт Cultivar	АОА, мг ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.		TP мг ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.	BC мг/г Betacyanines, mg/g	BX мг/г Betaxanthines, mg/g	BN мг/г Total betalain pigments, mg/g
	вода* water*	70% этанол** 70% ethanol				
Добрыня Dobrynya	5.3a	12.8bc	10.3a	1.31a	0.72a	2.03ab
Любава Lubava	3.5bc	11.6c	9.9a	0.82b	0.44b	1.26c
Гаспадыня Gaspadynya	5.0a	13.7ab	10.5a	1.52a	0.75a	2.27a
A-125	3.9bc	14.6a	11.2a	1.42a	0.62a	2.29a
M±SD	4.2±0.6	12.7±1.0	10.4±0.4	1.17±0.25	0.60±0.10	1.81±0.38
Интервал концентраций Concentration range	3.4-5.3	11.0-14.6	9.8-11.2	0.82-1.52	0.44-0.75	1.32-2.29

Условия экстракции: *20 °C; 15 минут; **80°C, 1 час

АОА – общая антиоксидантная активность; TP – полифенолы; BC – бетацианины; BX – бетаксантины; BN – беталаиновые пигменты. Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p < 0.05$

Extraction conditions: *20 °C; 15 minutes; **80°C, 1 hour

АОА – total antioxidant activity; TP – total polyphenols. Values in lines with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

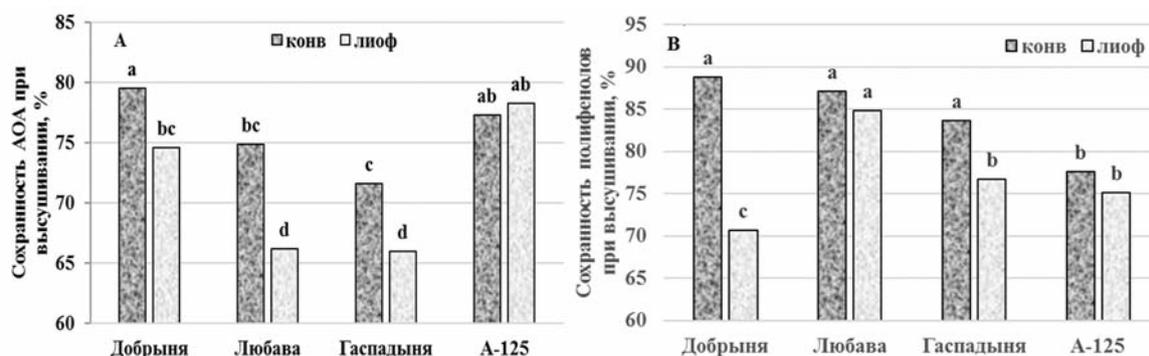


Рис. 3. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) в процессе конвекционной и лиофильной сушки
Fig. 3. AOA and TP self-life during convection and freeze drying

3.3. Устойчивость антиоксидантов в условиях приготовления чипсов

Способ сушки может изменять микроструктуру корнеплодов и влиять на освобождение биологически активных соединений в процессе переваривания пищи. По данным [7], при высушивании корнеплодов свеклы при 60°C конвекционной сушкой и в условиях лиофильной сушки (-50°C, 30 Pa) теряется до 42% и 29% полифенолов соответственно. Наблюдаемые потери полифенолов в настоящей работе достоверно различались для Добрыни и Гаспадыни и были одинаковыми для Любава и сортообразца А-125. При этом, в отличие от указанной работы [7], наши данные свидетельствуют о меньшей устойчивости полифенолов в корнеплодах свеклы столовой в условиях лиофильной сушки.

Мы использовали две технологии приготовления чипсов: на основе конвекционной сушки и лиофильной (рис. 1). По сравнению с конвекционной лиофильная сушка обеспечивает наибольшую сохранность биологически активных соединений, включая природные пигменты, благодаря использованию низкой температуры и приводит к образованию высокопористого материала [14].

Полученные результаты свидетельствуют о высокой сортоспецифичности сохранности общей антиоксидантной активности и содержания полифенолов. Так, АОА жирорастворимых антиоксидантов сохранялась

наилучшим образом для сортов А-125 и Добрыня. Различий в сохранности АОА мы не наблюдали между конвекционной и лиофильной сушкой корнеплодов А-125, а в отношении сохранности полифенолов – еще и для сорта Любава. Напротив, для остальных сортов сохранность исследуемых показателей была наибольшей при конвекционной сушке. Наблюдаемое явление, по-видимому, связано с высокой пористостью лиофилизованного продукта, что приводит к более быстрому протеканию процессов окисления [15]. Обращает внимание, что лиофильная сушка оказывает наибольшее отрицательное влияние на сохранность полифенолов сорта Добрыня по сравнению с сушкой конвекционной.

В целом в зависимости от сорта сохранность АОА колеблется при конвекционной сушке от 71.6 до 79.5%, при лиофильной – от 66 до 78.3%. С другой стороны, эти результаты не оценивают потери беталаиновых пигментов при высушивании, поскольку объектом являются только жирорастворимые антиоксиданты.

3.3.2. Устойчивость при хранении

3.3.2.1. Бумага – самый дешевый вид упаковки

Интересно, что при хранении чипсов в бумаге в течение полугода наибольшие потери общей антиоксидантной активности также наблюдались для чипсов из корнеплодов сорта Добрыня. Этот сорт характеризовался наименьшей сохранностью полифенолов при хранении в присутствии воздуха- бумажном паке-

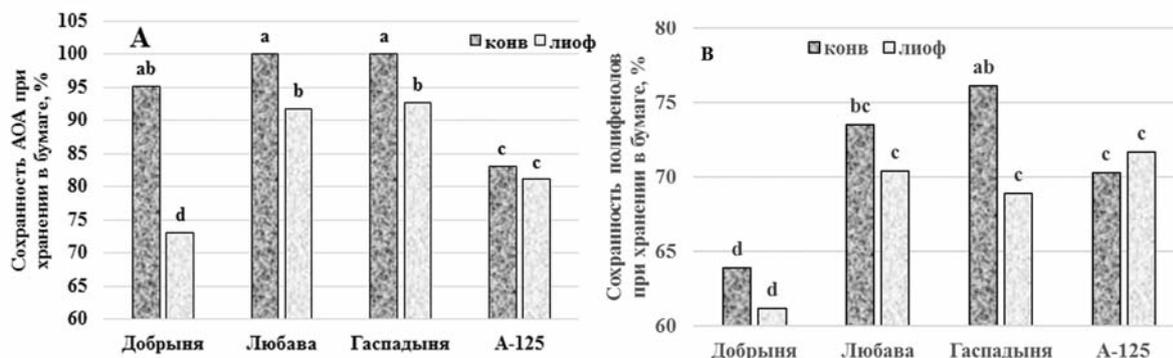


Рис.4. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в бумажных пакетах (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig. 4. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in paper bags

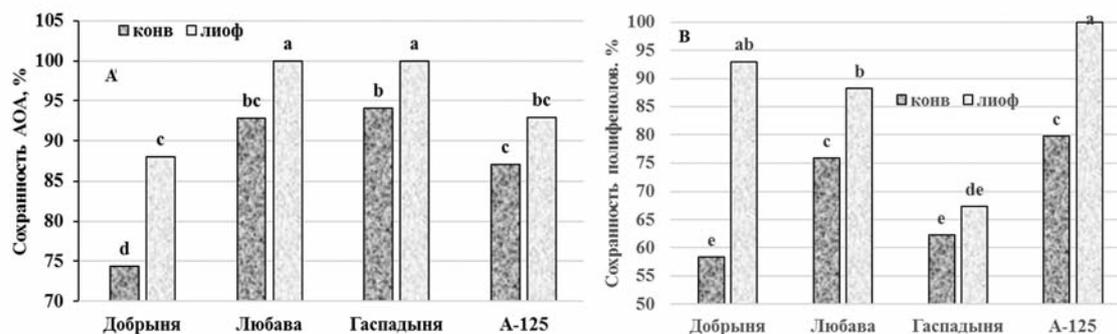


Рис.5. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в пакетах из полиэтиленовой пленки, упакованных под вакуумом (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig.5. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in vacuum sealed plastic bags (values with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$)

те. Продукт после конвекционной сушки оказывается наиболее устойчивым к окислению, особенно для сортов Любава и Гаспадыня и снижается до 80% у сорта А-125. Сохранность полифенолов в целом в этих условиях варьировала от 65 до 75%.

3.3.2.2. Полиэтиленовая пленка для вакуумной упаковки

В этих условиях при отсутствии воздуха более устойчивыми при хранении оказывается продукт, полученный при лиофильной сушке. Во-первых, при таком хранении показатель общей антиоксидантной активности оказывался сравнительно постоянным и приближался к 100% как для продукта после конвекционной, так и лиофильной сушки. Наибольшие различия между конвекционным и лиофильным продуктом были установлены для сорта Добрыня, для которого, по-видимому, важнейшим фактором сохранности является наличие или отсутствие кислорода.

3.3.2.3. Сохранность в фольге при вакуумировании

Анализ стабильности беталаиновых пигментов свеклы столовой по сравнению с сохранностью антоцианов краснокочанной капусты при хранении пюре в вакуумной упаковке в пленке при 7°C в течение 80 дней выявил существенно более низкую устойчивость беталаиновых пигментов (от 4 до 49% в зависимости от выбранной пленки) по сравнению с антоцианами, где потери не превышали 4% [16], что указывает на

высокую значимость выбора условий хранения для получения максимального уровня сохранности беталаиновых пигментов. Популярными сайтами по переработке свеклы указывают на то, что при жарке красной и оранжевой свеклы в алюминиевой фольге свекла чернеет, что указывает на снижение качества продукта при высоких температурах. Однако, научное обоснование этого явления не приведено.

Характер изменений как общей антиоксидантной активности, так и содержания полифенолов при хранении в фольге отличается от данных, полученных для полиэтиленовой и бумажной упаковки. Для сортов Добрыня, Любава и А-125 сохранность одинакова как для лиофилизованного продукта, так и конвекционного за исключением сорта Гаспадыня. При этом наименьшая сохранность АОА оказалась характерной для А-125, а наибольшая - для сорта Любава.

Что касается сохранности полифенолов, то здесь различий также между лиофилизованным и конвекционным продуктом нет, однако, наименьшая сохранность полифенолов оказалась не для сорта А-125, как это наблюдалось для показателя общей антиоксидантной активности, а у сорта Гаспадыня (табл.3).

3.4. Дегустационная оценка

Обращает внимание, что наименьшие показатели дегустационной оценки лиофилизованного продукта были характерны для аромата, вкуса и текстуры, в то

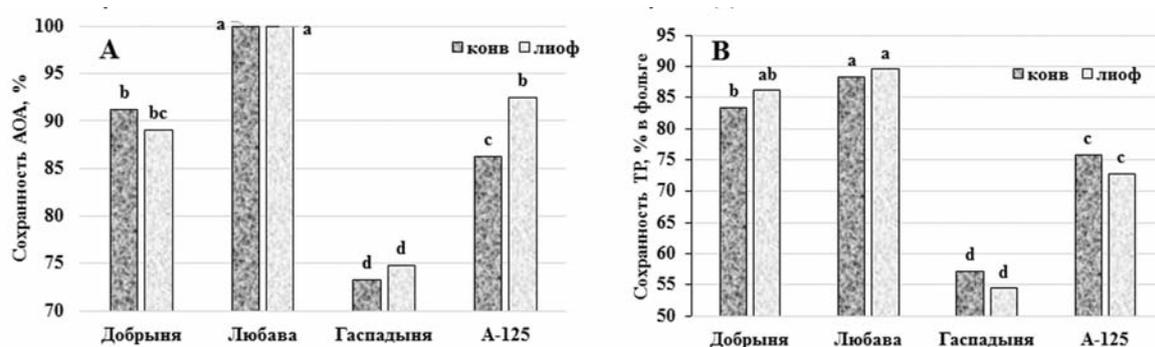


Рис.6. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в алюминиевой фольге (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig. 6. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in aluminum foil (values with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$)

Таблица 3. Средние показатели сохранности полифенолов и общей антиоксидантной активности чипсов
Table 3. Mean values of chips polyphenols and total antioxidant activity self-life

Условия хранения Storage conditions	АОА, мг-ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.		ТР, мг-ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.	
	Конвекционная сушка Convection drying	Леофильная сушка Freeze drying	Конвекционная сушка Convection drying	Леофильная сушка Freeze drying
Фольга Aluminum foil	87.7±7.9	89.1±7.2	76.1±9.7	75.7±12.1
Полиэтилен Plastic bags	88.6±7.1	93.8±6.3	74.2±13.8	82.1±8.5
Бумага Paper bags	96.6±7.4	84.6±7.6	71.0±4.5	68.1±2.9

время как максимальное число баллов завоевывали такие показатели, как цвет и внешний вид (рис.7,8). Данные результаты подтверждают большую сохранность беталаиновых пигментов в условиях лиофильной сушки и находятся в хорошем соответствии в данными работы [14].

Полученные результаты (рис.8) указывают также на то, что различия в общей дегустационной оценке чипсов, полученных как с использованием лиофильной усушки, так и особенно конвекционной, в значительной степени являются сортозависимыми. Из пред-

ставленных сортов сорт Гаспадыня характеризовался наименьшими показателями дегустационной оценки чипсов, полученных в условиях конвекционной сушки. Связано ли это явление с высоким содержанием моносахаров в корнеплодах свеклы Гаспадыня по сравнению с другими сортами, требует дополнительного исследования.

Заключение

Представленные результаты свидетельствуют о важном влиянии межсортовой изменчивости на вкусовые свойства и

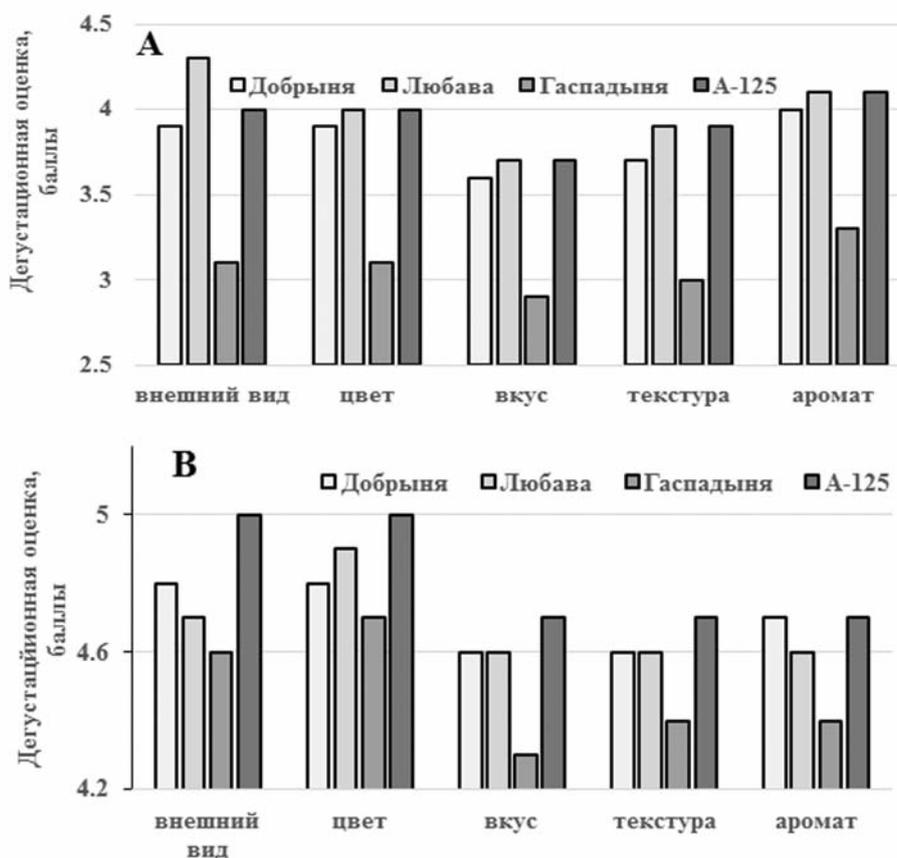


Рис.7. Дегустационная оценка чипсов, полученных конвекционной (А) и (В) лиофильной сушкой
Fig. 7. Tasting evaluation of chips, obtained via convection (A) and freeze drying (B)

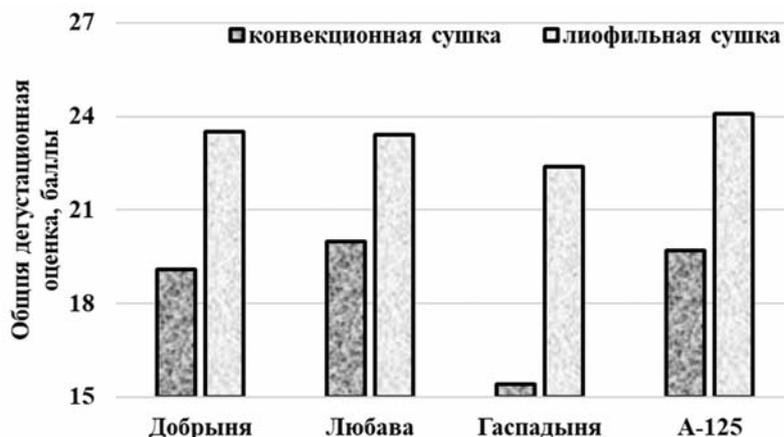


Рис.8. Общая дегустационная оценка чипсов из корнеплодов 5 сортов свеклы столовой
Fig. 8. Tasting evaluation of chips from five beet cultivars

сохранность чипсов из корнеплодов свеклы столовой. Для отечественных сортов установлено, что в фольге наибольшая сохранность как общей антиоксидантной активности, так и содержания полифенолов характерны для сортов Добрыня и Любава. В полиэтилене хорошую сохранность дает только лиофилизированный продукт при наилучших показателях для сортов А-125 и Любава. Сохранность чипсов при хранении в бумаге более высокая для конвекционного продукта, причем

максимальные значения сохранности у сорта Добрыня.

Выявленные сортовые особенности органолептических показателей и показателей сохранности чипсов, приготовленных из корнеплодов свеклы столовой, указывают на предпочтение использования вакуумированной упаковки и необходимость комплексной оценки продукции, включая показатели сохранности бетаиновых пигментов, антиоксидантов и вкусовые качества продукта.

Об авторах:

Владимир Александрович Заячковский – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства корнеплодных культур, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, vladimir898542178114@mail.ru

Анастасия Ильинична Молдован – аспирант, nastiamoldovan@mail.ru

Владимир Ильич Терешонок – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, tereshonok-74@inbox.ru

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

Марина Сергеевна Антошкина – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, limont_m@mail.ru

Леонид Васильевич Павлов – доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, pavlov.l.v@vniissok.ru

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

Виктор Алексеевич Степанов – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства столовых корнеплодов, vstepanov8848@mail.ru

About the authors:

Vladimir A. Zayachkovsky – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Laboratory of Breeding and Seed Production of Root Crops, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, vladimir898542178114@mail.ru

Anastasia I. Moldovan – Graduate Student, Junior Researcher, laboratory of Selection And Seed Production Of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, nastiamoldovan@mail.ru

Vladimir I. Tereshonok – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, tereshonok-74@inbox.ru

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

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

Leonid V. Pavlov – Dc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, pavlov.l.v@vniissok.ru

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

Viktor A. Stepanov – Cand. Sci. (Agriculture), Head of laboratory of breeding and seed production of table root crops, vstepanov8848@mail.ru

• Литература / References

- Melo N., Wolff G.H., Costa-da-Silva A.L., Arribas R., Triana M.F., Gugger M., Riffell J.A., DeGennaro M., Stensmyr M.C. Geosmin Attracts *Aedes aegypti* Mosquitoes to Oviposition Sites. *Current Biology*.2020;(30):127-134.
- Fu Y., Shi J., Xie S.-Y., Zhang T.-Y., Soladoye O.P., Aluko R.E. Red Beetroot Betalains: Perspectives on Extraction, Processing, and Potential Health Benefits. *Agriculture and Food Chemistry*. 2020;68(42): 11595–11611; <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241>
- Ceclu L., Nistor O.-V. Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review. *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*. 2020;6(1):article 043; doi 10.23937/2572-3278.1510043.
- dos S. Baião D., da Silva D.V.T., Paschoalin V.M.F. Beetroot, A Remarkable Vegetable: Its Nitrate and Phytochemical Contents Can be Adjusted in Novel Formulations to Benefit Health and Support Cardiovascular Disease Therapies. *Antioxidants* 2020;(9):article 960. doi:10.3390/antiox9100960.
- Brown Z.K., Fryer P.J., Norton I.T., Bakalis S., Bridson R.H. Drying of foods using supercritical carbon dioxide-Investigations with carrot. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2008;(9):280–289.
- Witrowa-Rajchert D., Rzaca M. Effect of Drying Method on the Microstructure and Physical Properties of Dried Apples. *Drying Technology*. 2009;(27):903–909. <https://doi.org/10.1080/07373930903017376>.
- Dalmau M.E., Eim V., Rosselló C., Cárcel J.A., Simal S. Effects of convective drying and freeze-drying on the release of bioactive compounds from beetroot during in vitro gastric digestion. *Food and Functional Journal*. 2019;10(6):3209-3223. doi: 10.1039/c8fo02421a.
- Nijhuis H.H., Torringa H.M., Muresan S., Yuksel D., Leguijt C., Kloek W.

Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*. 1998;(9):13–20.

[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)00007-1).

9. Mayor L., Sereno A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 2004;(61):373–386.

10. Jayaraman K.S., Das Gupta D.K. Drying of Fruits and Vegetables. In Handbook of Industrial Drying, 4th ed.; Mujumdar, A.S., Ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2015; pp. 611–635.

11. Nistor O.-V., Seremet L., Andronoiu D.G., Rudi L., Botez E. Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *cylindra*). *Food Chemistry*. 2017;(236):59–67; <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.129>.

12. Кидин В.В. Практикум по агрохимии. 2008. изд. Колос [Kidin V.V. Workshop on Agrochemistry. 2008. Kolos] (in Russ.).

13. Голубкина Н.А. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., Инфра-М. 2020 [Golubkina N., Kekina H., Molchanova A., Antoshkina M., Nadezhkin S., Soldatenko A. Plants antioxidants and methods of their determination, Moscow, Infra-M, 2020] (in Russ.).

14. Tomic N., Djekic I., Hofland G., Smigic N., Udovicki B., Rajkovic A. Comparison of Supercritical CO₂ -Drying, Freeze-Drying and Frying on Sensory Properties Of Beetroot. *Foods*. 2020;(9):article 1201; doi:10.3390/foods9091201

15. Prosapio V., Lopez-Quiroga E. Freeze-Drying Technology in Foods. *Foods*. 2020;9(7):920; <https://doi.org/10.3390/foods9070920> - 13 Jul 2020

16. Sonar C.R., Rasco B., Tang J., Sablani S.S. Natural color pigments: Oxidative stability and degradation kinetics during storage in thermally pasteurized vegetable purees. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019;99(13):5934-5945; doi: 10.1002/jsfa.9868

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-44-49>
УДК 633.88:631.531:631.559(479)

О.А. Быкова^{1*}, Н.И. Сидельников²,
Р.Н. Тхаганов¹, В.Р. Тхаганов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал) 353225, Россия, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, пос. ЗОС ВНИИЛР

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

*Автор для переписки:
krasnodarvilar@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Быкова О.А., Сидельников Н.И., Тхаганов Р.Н., Тхаганов В.Р. Способы размножения и биопродуктивность маклеи кьюской (*Maclea x kevensis* Turill) в Западном Предкавказье. *Овощи России*. 2022;(2):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-44-49>

Поступила в редакцию: 02.03.2022

Принята к печати: 30.03.2022

Опубликована: 25.04.2022

Olga A. Bykova¹, Nikolay I. Sidelnikov²,
Ramazan N. Thaganov¹, Vitaly R. Thaganov¹

¹All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (North Caucasus branch) v. ZOS VNIILR, Vasyurinskaya station, Dinskoy district, Krasnodar Territory, Russia 353225

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

*Corresponding author:
krasnodarvilar@gmail.com

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Bykova O.A., Sidelnikov N.I., Thaganov R.N., Thaganov V.R. Reproduction methods and bioproductivity of *Maclea x kevensis* Turill in the Western Caucasus. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):44-49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-44-49>

Received: 02.03.2022

Accepted for publication: 30.03.2022

Published: 25.04.2022

Способы размножения и биопродуктивность маклеи кьюской (*Maclea x kevensis* Turill) в Западном Предкавказье



Резюме

В настоящее время большое внимание уделяется лекарственным растениям, сырье которых идет на производство препаратов с антибактериальной активностью. К таким растениям относится маклея кьюская (*Maclea x kevensis* Turill). В связи с тем, что маклея не произрастает в естественных условиях на территории Российской Федерации, остро встает вопрос о создании промышленных плантаций под данной культурой. Для решения этой задачи необходимо определить перспективный способ размножения маклеи и разработать сбалансированное применение минеральных удобрений с целью получения максимальных урожаев высококачественного лекарственного сырья. Исследования проводили на опытных полях лекарственного севооборота Северо-Кавказского филиала ФГБНУ ВИЛАР, расположенных в зоне Западного Предкавказья, с целью изучения способов размножения культуры и сроков ее посадки. Полевые опыты закладывали путем постановки мелкоделяночных опытов. Осуществляли фенологические наблюдения, изучали особенности роста и развития растений, определяли урожайность и содержание действующих веществ. Проведенными исследованиями было установлено, что наиболее эффективным способом размножения маклеи кьюской в условиях Западного Предкавказья является осенняя посадка отрезками корневищ длиной 10-15 см. При данном способе размножения культуры наблюдается более раннее ее отрастание в весенний период, активный рост и развитие растений. Это позволяет провести уборку на сырье уже на первом году вегетации и обеспечивает урожайность лекарственного сырья маклеи на уровне 1,12 т/га и содержание алкалоидов 1,02%. Проведение внекорневой подкормки NPK45 способствует повышению урожайности сырья на I-III годах вегетации культуры на 25-27% и увеличению содержания алкалоидов на 6-9%, а их сбора с гектара – на 30-38%.

Ключевые слова: маклея кьюская (*Maclea x kevensis* Turill), размножение, урожайность, действующие вещества, NPK

Reproduction methods and bioproductivity of *Maclea x kevensis* Turill in the Western Caucasus

Abstract

At present, much attention is paid to medicinal plants, the raw material of which is used for the production of drugs with antibacterial activity. Such plants include *Maclea x kevensis* Turill. Due to the fact that this crop does not grow under natural conditions in the Russian Federation, there is a question of creating industrial plantations of *Maclea x kevensis* Turill. To solve this problem, it is necessary to determine a promising way of propagation of the plant and develop a balanced use of mineral fertilizers in order to obtain maximum yields of high quality medicinal raw materials. The research was carried out on the experimental fields of medicinal crop rotation of the North Caucasus branch of FGBNU VILAR, located in the Western Caucasus, in order to study the ways of multiplication of the crop and the timing of its planting. Field experiments were laid by setting up experiments with small area. Phenological observations were carried out, peculiarities of growth and development of plants were studied, yield and content of active substances were determined. The conducted researches have established that the most effective way of propagation of *Maclea x kevensis* Turill in the conditions of Western Ciscaucasia is autumn planting by cuttings of rhizomes 10-15 cm long. With this method of multiplication of the culture, its earlier regrowth in the spring, active growth and development of plants are observed. It allows to harvest the raw material already in the first year of vegetation and provides the yield of medical raw material of *Maclea x kevensis* Turill at the level of 1,12 t/ha and the alkaloid content 1,02%. If we applied foliar top dressing NPK45, then in I-III years of vegetation of the crop, the yield of raw materials increased by 25-27% and the content of alkaloids increased by 6-9%, and their yield per hectare – by 30-38%.

Keywords: *Maclea x kevensis* Turill, propagation, yield, active ingredients, NPK

Введение Introduction

В настоящее время важная медико-социальная проблема современного здравоохранения связана с лечением бактериальных заболеваний. Бактериальные заболевания – это большая группа патологий, возбудителями которых являются патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. По последним данным ВОЗ три пункта в Списке 10 ведущих причин смертности в мире занимают бактериальные инфекции и болезни ими опосредованные. Основными средствами лечения инфекционных заболеваний на сегодняшний день являются антибиотики. Их широкое применение приводит к усугублению проблемы резистентности бактерий к ним [1]. В связи с этим большое внимание уделяется поиску лекарственных растений, действующие вещества которых обладают антибактериальной активностью. К таким растениям относится маклея кьюская (*Macleaya x kevensis* Turill), семейство маковых (*Papaveraceae*). Маклея кьюская представляет собой гибрид между маклеями мелкоплодной и сердцевидной. Впервые она была описана W.B. Turill в 1958 году по культивируемым образцам, происходящими из Китая, и высаженными в Королевском Ботаническом саду города Кью (Великобритания) [2].

Основными действующим веществами растения являются алкалоиды сангвинарин и хелеритрин (бисульфаты), являющиеся основой высокоэффективного препарата «Сангвиритрин». В официальной медицине данный препарат применяется в качестве антимикробного средства в комплексной терапии острых и гнойно-воспалительных заболеваний, вызванных патогенными грибами, кожных заболеваниях, стоматитах, кандидозных кольпитах [3, 4].

В последние годы продолжают исследования по более широкому использованию сангвиритрина. Разработана технология получения коллагеновой губки с сангвиритрином (Сангвикол) при лечении инфицированных и ожоговых ран [5]. Отсутствие раздражающего эффекта на кожу и слизистые оболочки лекарственной формы сангвиритрина позволяют использовать его в качестве антисептической добавки при производстве косметических кремов, шампуней и зубных паст [6].

Основываясь на антимикробной активности маклеи, в мировой практике в животноводстве с успехом используются кормовые добавки на основе травы растения (Сангровит EXTRA и Сангровит WS), которые являются заменой антибиотических стимуляторов роста [7]. Тем более, что, начиная с 2006 года, в Евросоюзе введен запрет на применение в животноводстве кормовых антибиотиков. В России также разработан антимикробный наноконкомплекс алкалоидов маклеи с растительными фосфолипидами, применение которого обеспечивает высокую сохранность поголовья цыплят - бройлеров, увеличение живой массы при снижении затрат корма на единицу ее прироста, положительно влияет на основные зоотехнические и биохимические показатели птицы и не приводит к развитию дисбактериоза [8].

Начались исследования по разработке технологии использования шрота после выделения сангвиритрина для производства модификатора ржавчины, что позволит полностью исключить операции по подготовке поверхностей под лакокрасочные покрытия [9].

Обеспечить получение алкалоидов из сырья маклеи за счет дикорастущих растений не представляется возможным, так как ареал естественного произрастания данной культуры находится далеко за пределами Российской Федерации, в Южном Китае [10]. Это обстоятельство явилось предпосылкой поиска наиболее благоприятных регионов для возделывания маклеи, к которому относится Западное Предкавказье.

Одним из ключевых вопросов при выращивании любой лекарственной культуры является выбор способа ее размножения. При размножении лекарственных растений выделяют два основных способа размножения: семенное и вегетативное (отрезки корневищ, деление куста, рассада). Правильный выбор размножения той или иной культуры должен соответствовать биологическим особенностям самого растения и климатическим условиям региона ее выращивания, от этого зависит получение высококачественного лекарственного сырья [11].

О способах размножения маклеи кьюской в литературе имеются лишь единичные публикации, в которых указывается, что размножаться этот вид маклеи может изолированными почками, образующимися на боковых корнях, или боковыми вегетативными побегами [12]. Однако эти исследования были проведены в условиях вегетационного опыта, что не дает возможности в полной мере оценить эти способы размножения.

Одним из важных факторов адаптивного земледелия является сбалансированное применение минеральных удобрений. В практике лекарственного растениеводства внесение минеральных удобрений (NPK) проводится ранней весной под предпосевную культивацию, в течение вегетации – в качестве некорневых подкормок. Это способствует усилению роста и развития растений, увеличению урожайности и повышению устойчивости к нестабильным погодным условиям [13, 14].

Цель наших исследований заключалась в решении проблемы размножения маклеи кьюской для создания промышленных плантаций культуры в условиях Западного Предкавказья и разработки сбалансированного применения минеральных удобрений.

Методы Methods

Исследования по изучению способов размножения маклеи кьюской и применения минеральных удобрений проводились в Северо-Кавказском филиале ВИЛАР в 2019-2021 годах.

Почва филиала – чернозем, выщелоченный малогумусный сверхмощный, отличается большой мощностью гумусового горизонта (A + B до 160 см) и сравнительно низким (3,7 %) содержанием гумуса в верхнем горизонте почвы. По результатам агрохимического обследования установлено, что содержание подвижного фосфора составляет 27 мг/кг, обменного калия – 243 мг/кг, подвижной серы – 6,2 мг/кг, присутствует незначительное количество подвижных форм марганца, цинка, меди и кобальта. Верхний слой почвы имеет близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, $pH_{KCl}=5,9$.

Полевые опыты закладывали путем постановки мелкоделных опытов, которые проводились по методикам: «Проведение полевых опытов с лекарственными культурами», «Требования к оформлению полевых опытов во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР)».

Расположении делянок рендомизированное, повторность опытов 4-х кратная, площадь опытных делянок: в опытах по разработке способов размножения 12 м², при изучении удобрений – 60 м², ширина междурядий – 60 см.

Размножение маклеи проводили отрезками корневищ. Посадку осуществляли: весенняя – в конце третьей декады марта – первой декаде апреля, осенняя – первая – вторая декады ноября. Посадка корневых отпрысков (побеги из почек возобновления) – третья декада апреля - первая декада мая.

Некорневые подкормки минеральными удобрениями (N₄₅, NP₄₅, NPK₄₅) проводили в фазу активного роста растений: на первом году вегетации – вторая декада июня, на втором и последующих годах вегетации – двукратно: в первую декаду мая, а повторная - на этапе второго укоса, после отрастания растений. Контрольные растения обрабатывали водой.

Уборку урожая сырья (травы) осуществляли в фазу бутонизации – начала цветения: на I-м г. в. - в третьей декаде августа, на II – м г. в. и последующих годах – первая уборка во второй декаде июня, вторая – в третьей декаде сентября.

Высоту растений измеряли на 20 растениях с каждой делянки.

Содержание действующих веществ (сумма бисульфатов сангвинарина и хелеритрина) определяли по методу ФС 422666-89 в пересчете на абсолютно сухое сырье и должно быть не менее 0,6 %.

Под культивацию перед посадкой вносили удобрение NPK₄₅.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с использованием программного обеспечения Word Excell [16].

Результаты и обсуждения

Results and discussions

Маклея кьюская – многолетнее травянистое растений с мощным прямостоячим стеблем, крупными черешковыми листьями сердцевидной формы. Верхняя сторона листовой пластинки голая, нижняя опушенная. Растение может достигать высоты до 2-х и более метров. Корневая система маклеи представлена разветвленными боковыми корнями, растущими горизонтально, распространяясь в пахотном горизонте на 50-60 см (рис. 1).

Начиная со второго года вегетации, на боковых корнях образуются придаточные почки, из которых развиваются корневые отпрыски.

Основываясь на особенностях корневой системы маклеи, ее размножение проводилось двумя способами: отрезками корневищ длиной 10-15 см с тремя и более почками и корневыми отпрысками (рис. 2).

Проведенные исследования показали, что более перспективным является способ размножения отрезками корневищ. Из данных таблицы 1 видно, что при размножении отрезками корневищ высота растений превышала посадку корневыми отпрысками на 8 %, урожайность травы – на 23 %. В содержании алкалоидов различий не установлено.



Рис. 1. Маклея кьюская (Macleaya x kevensis Turill). Слева – корневая система, справа – общий вид растения
Fig. 1. Macleaya x kevensis Turill. On the left is the root system, and on the right is a general view of the plant



Рис.2. Посадочный материал маклеи кьюской (Macleaya x kevensis Turill). Слева – отрезки корневищ с почками, справа – корневые отпрыски
Fig. 2. Planting material of Macleaya x kevensis Turill. On the left – sections of rhizomes with buds, on the right – root scions

Таблица 1. Влияние способов размножения *Macleaya x kevensis Turill* на урожайность и содержание действующих веществ на I году вегетации
Table 1. Effect of propagation methods of *Macleaya x kevensis Turill* on yield and content of active substances in the I year of vegetation

Способы размножения	Высота растений, см	Урожайность, т/га	Содержание алкалоидов (лист), %	Содержание алкалоидов (травы), %
Отрезки корневищ	128,2±6,23	1,12	4,12±0,198	1,06±0,056
Корневые отпрыски	119,5±6,01	0,91	4,09±0,208	1,04±0,049
НСР ₀₅		0,103		

Таблица 2. Фенологический спектр *Macleaya x kevensis Turill* первого – второго годов вегетации при размножении отрезками корневищ
Table 2. Phenological spectrum of *Macleaya x kevensis Turill* plants of the first and second year of vegetation when propagated by rhizome segments

Сроки посадки	Фазы развития маклеи			
	Отрастание	Стеблевание	Бутонизация	Цветение
I год вегетации				
Весенняя	III декада апреля	III декада мая	II декада июня	I декада июля
Осенняя	I декада апреля	I декада мая	I-декада июня	III декада июня
II год вегетации				
Весенняя	I декада апреля	III декада апреля	II-III декады мая	I декада июля
Осенняя	I декада апреля	III декада апреля	II-III декады мая	I декада июля

Из литературных данных известно, что ряд лекарственных культур, в частности диоскорея nipponская (*Dioscorea nipponica*) и кавказская (*Dioscorea caucasica*), размножаются корневищами и их посадка может осуществляться в весенний и осенний периоды [15].

Основываясь на этих положениях, были заложены опыты по разным срокам посадок маклеи. Наблюдениями за фенологическим спектром растений было установлено, что при осеннем сроке посадки на первом году вегетации маклеи наблюдалось более раннее прохождение фенологических фаз, чем при весеннем. На втором году вегетации сроки прохождения фенофаз при обоих сроках посадки идентичны (табл. 2).

Дальнейшие наблюдения за ростом растений показали, что при осеннем сроке посадки, за счет более раннего нача-

ла вегетации растений, их высота на момент уборки урожая сырья на I году вегетации превышала весенний на 11%, урожайность – на 18%, сбор алкалоидов с га на 21% (табл.3).

Из приведенных данных видно, что наиболее рациональным сроком посадки маклеи кьюской является осенняя посадка.

Для повышения урожайности маклеи, увеличения действующих веществ и их сбор с гектара изучались некорневые подкормки минеральными удобрениями разного состава – N₄₅, NP₄₅ и NPK₄₅. Обработки проводились, начиная с первого года вегетации культуры.

Проведенные учеты высоты растений показали, что наибольшее усиление роста растений наблюдалось на варианте NPK₄₅, где высота растений превышала контроль на 10 % (табл.4).

Таблица 3. Влияние сроков посадки отрезков корневищ на урожайность и содержание действующих веществ в сырье *Macleaya x kevensis Turill* на I году вегетации
Table 3. Effect of planting dates of rhizome segments on yield and content of active substances in the raw material *Macleaya x kevensis Turill* in the first year of vegetation

Сроки посадки корневищ	Высота растений на момент уборки урожая, см	Урожайность, т/га	Содержание алкалоидов (травы), %	Сбор алкалоидов, кг/га
Осенняя посадка	129,3±6,46	1,86	1,02±0,053	18,92
Весенняя посадка	115,4± 5,66	1,57	1,00±0,048	15,7
НСР ₀₅		0,097		

Таблица 4. Влияние некорневых подкормок минеральными удобрениями на рост *Macleaya x kevensis* Turill I-III годов вегетации (осенняя посадка)
 Table 4. Effect of foliar fertilizing with mineral fertilizers on growth of *Macleaya x kevensis* Turill I-III years of vegetation (autumn planting)

Вариант опыта	Высота растений на момент уборки					
	I год вегетации (на момент уборки урожая)		II год вегетации (на момент первой уборки урожая)		III год вегетации (на момент первой уборки урожая)	
	см	% к контролю	см	% к контролю	см	% к контролю
Контроль	127,3±6,12	100	271,3±12,98	100	275,3±13,68	100
N ₄₅	136,7±6,57	107	287,6±14,41	106	294,3±14,88	107
NP ₄₅	137,6±6,68	108	289,4±14,52	107	297,1±14,92	108
NPK ₄₅	140,4±6,89	110	295,7±14,71	109	302,8±15,01	110

Таблица 5. Влияние некорневых подкормок минеральными удобрениями на урожайность и содержание действующих веществ в сырье *Macleaya x kevensis* Turill I-III годов вегетации (осенняя посадка)
 Table 5. Effect of foliar fertilizing with mineral fertilizers on yield and content of active substances in raw material of *Macleaya x kevensis* Turill I-III years of vegetation (autumn planting)

Вариант опыта	Урожайность						Содержан алкалоидов (трава), %
	I укос		II укос		Сумма двух укосов		
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю	
I год вегетации (один укос в августе)							
Контроль	1,04	100			1,04	100	1,08
N ₄₅	1,22	117			1,22	117	1,12
NP ₄₅	1,25	120			1,25	120	1,12
NPK ₄₅	1,30	125			1,30	125	1,14
HCP ₀₅	0,102				0,102		
II год вегетации							
Контроль	6,94	100	1,68	100	8,62	100	1,02
N ₄₅	8,23	119	1,95	116	10,18	118	1,07
NP ₄₅	8,40	121	2,00	119	10,40	121	1,07
NPK ₄₅	8,88	128	2,10	125	10,98	127	1,08
HCP ₀₅	0,929		0,205				
III год вегетации							
Контроль	6,16	100	1,54	100	7,70	100	0,98
N ₄₅	7,17	116	1,76	114	8,93	116	1,06
NP ₄₅	7,33	119	1,82	118	9,15	119	1,05
NPK ₄₅	7,82	127	1,94	126	9,76	127	1,07
HCP ₀₅	0,978		0,195				

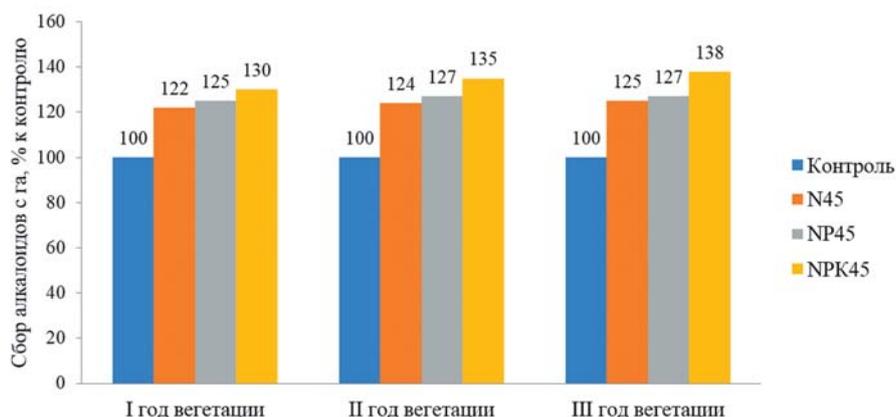


Рис. 3. Особенности влияния некорневых подкормок удобрениями на сбор алкалоидов с гектара
 Fig. 3. Peculiarities of the influence of foliar fertilizers on the collection of alkaloids per hectare

Необходимо отметить, что в варианте NPK₄₅ наблюдалась и наибольшая облиственность растений, что сказалось на урожайности культуры.

Проведенные учеты урожая травы маклеи на I-III годах вегетации показали, что повышение урожайности по сравнению с контролем на варианте NPK₄₅ составило 25-27%, увеличение содержания алкалоидов 6-9%, в то время как на вариантах с N₄₅ и NP₄₅ данные показатели не превышали 16-21% и 4-7%, соответственно (табл.5).

Повышение урожайности сырья и содержания действующих веществ на вариантах с применением NPK₄₅ способствовали и наибольшему сбору бисульфатов с гектара, как по сравнению с контролем (25-38%), так и другими опытными вариантами (8-13 %) (рис. 3).

Заклучение

Conclusion

Изучение особенностей строения корневой системы маклеи кьюской дали возможность проводить ее размножение двумя способами: корневыми отпрысками и отрезками корневищ.

Наиболее перспективный способ размножения культуры – посадка отрезками корневищ длиной 10-15 см, как минимум с тремя почками. Установлено, что при осеннем сроке посадки отрезками корневищ наблюдается более раннее, чем при весеннем, прохождение фенологических фаз, высота растений превышала весенний на 11%, урожайность – на 18%, сбор алкалоидов с га на 21%.

Повышение урожайности сырья маклеи I-III годов вегетации (25-27%) и увеличение сбора алкалоидов с гектара (30-38%) обеспечивает проведение внекорневой подкормки NPK₄₅.

Об авторах:

Ольга Алексеевна Быкова – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, автор для переписки, krasnodarvilar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>

Николай Иванович Сидельников – академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук

Рамазан Нурбиевич Тхаганов – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-7127-7320>

Виталий Рамазанович Тхаганов – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-0518-354X>

About the authors:

Olga A. Bykova – Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357> Correspondence Author, krasnodarvilar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>

Nikolay I. Sidelnikov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture)

Ramazan N. Thaganov – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-7127-7320>

Vitaly R. Thaganov – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-0518-354X>

• Литература

1. Якимова Ю.Н. Клинико-фармакологический анализ рынка антибиотиков для системного применения и перспективы его развития. Волгоград, 2016. 23 с.
2. Абизов Е.А. Ботанико-фармакогностическое изучение представителей рода маклея (*Macleaya* R. Br). Москва, 2004. 24 с.
3. Вичканова С.А., Колхир В.К., Сокольская Т.А., Воскобойникова И.В., Быков В.А. Лекарственные средства их растений. М.: АДРИС, 2009. 432 с.
4. Абизов Е.А., Толкачев О.Н. Сангвиритрин. Обзорная информация. *Медицинская помощь*. М.: Медицина. 2003;(4):41-46.
5. Барсуков А.А., Абоянц Р.К., Истранов Л.П., Истранова Е.В., Чернова С.В. Сангвикол – новая лекарственная форма сангвиритрина. *Фармация*. 2002;51(4):27-29.
6. Кожевникова О.В. Комплексная разработка маклеи с целью получения продуктов, рекомендуемых к применению в косметических средствах. Краснодар, 2006. 25 с.
7. САНГРОВИТ: Растительная кормовая добавка. М. Фитобиотикс, 2021 [http://sangrovit.ru/pdf/Sangrovit%20WS_Poultry_RULY22.pdf, http://sangrovit.ru/pdf/Sangrovit_Extra_Folder_RUS_LY13.pdf]; процитировано 21 февраля 2022. Доступно: <http://sangrovit.ru/>
8. Фисинин В.И., Егоров И.А., Андрианова Е.Н., Друзь Е.А., Фельдман Н.Б., Луценко С.В., Луценко Е.В. Эффективность антимикробного наноконструкта на основе алкалоидов из маклеи сердцевидной при выращивании цыплят-бройлеров. *Сельскохозяйственная биология*. 2009;44(4):26-30.
9. Кожевникова О.В., Тарасов В.Е. Комплексное использование маклей мелкоплодной – перспективного растительного сырья. Известия высших учебных заведений. *Пищевая технология*. Краснодар. 2006;1(290):11-13.
10. Вичканова С.А., Фатеева Т.В., Крутикова Н.М., Крепкова Л.В., Бортникова В.В., Толкачев О.Н., Климахин Г.И., Сокольская Т.А. Сангвиритрин. Москва: *Onebook*. 2015;(162):11.
11. Аникина А.Ю., Басалаева И.В., Бушковская Л.М., Быкова О.А., Грязнов М.Ю., Загумеников В.Б., Климахин Г.И., Ковалев Н.И., Конон Н.Т., Коротких И.Н., Морозов А.Н., Никифорова О.И., Пушкина Г.П., Ромашкина С.И., Савченко О.М., Семенихин И.Д., Тощая С.А., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Р., Хазиева Ф.М., Цицилин А.Н. Лекарственные и эфиромасличные культуры: особенности возделывания на территории Российской Федерации. М.: ВИЛАР. 2021. 256 с.
12. Абизов Е.А., Толкачев О.Н., Климахин Г.И., Копылова И.Е., Луферов А.Н., Барабанов Е.И., Цицилин А.Н. Культивирование маклеи кьюской (*Macleaya x kevensis* Turill) в условиях Московской области. *Сборник научных трудов Международной конференции «Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений»* М.: ВИЛАР. 2004. С.184-188.
13. Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Кшникаткин С.А. Семенная продуктивность расторопши пятнистой в зависимости от сроков, способов посева и удобрений. *Тезисы докладов VI Международного симпозиума «Новые нетрадиционные растений и перспективы их использования»*. М.: 2005;(3):144-145.
14. Загумеников В.Б. Оптимизация культивирования лекарственных растений в Нечерноземной зоне РФ. М.: ВИЛАР. 2006. 76 с.
15. Полуденный Л.В., Сотник В.Ф., Хлапцев Е.Е. Эфиромасличные и лекарственные растения. М.: Колос. 1979. 282 с.
16. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

• References

1. Yakimova Yu.N. Clinical and pharmacological analysis of the market for antibiotics for systemic use and prospects for its development. Volgograd, 2016. 23 p. (In Russ.)
2. Abizov E.A. Botanical and pharmacognostic study of representatives of the genus *Macleaya* R. Br]. Moscow, 2004. 24 p. (In Russ.)
3. Vichkanova S.A., Kolkhir V.K., Sokolskaya T.A., Voskoboynikova I.V., Bykov V.A. Medicines of Their Plants. Moscow: ADRIС, 2009. 432 p. (In Russ.)
4. Abizov E.A., Tolkachev O.N. Sangvirithrin. Overview information. *Medicinskaya pomoshh'*. Moscow: Medicine. 2003;(4):41-46. (In Russ.)
5. Barsukov A.A., Aboyants R.K., Istranov L.P., Istranova E.V., Chernova S.V. Sangvikol is a new dosage form of sangvirithrin. *Farmaciya*. 2002;51(4):27-29. (In Russ.)
6. Kozhevnikova O.V. Integrated development of *Maclea* in order to obtain products recommended for use in cosmetics. Krasnodar, 2006. 25 p. (In Russ.)
7. SANGROVIT: Natural feed additive. M. Phytobiotics, 2021, [http://sangrovit.ru/pdf/Sangrovit%20WS_Poultry_RULY22.pdf, http://sangrovit.ru/pdf/Sangrovit_Extra_Folder_RUS_LY13.pdf]; quoted on February 21, 2022. Available: <http://sangrovit.ru/>
8. Fisinin V.I., Egorov I.A., Andrianova E.N., Druz' E.A., Fel'dman N.B., Lucenko S.V., Lucenko E.V. Efficiency of an antimicrobial nanocomplex based on alkaloids from *Macleia cordata* in growing broiler chickens. *Sel'skhozozhaystvennaya biologiya*. 2009;44(4):26-30. (In Russ.)
9. Kozhevnikova O.V., Tarasov V.E. Integrated use of small-fruited *Macleia* – a promising plant material]. *Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Pishhevaya texnologiya*. Krasnodar: 2006;1(290):11-13. (In Russ.)
10. Vichkanova S.A., Fateeva T.V., Krutikova N.M., Krepkova L.V., Bortnikova V.V., Tolkachev O.N., Klimaxin G.I., Sokol'skaya T.A. Sangvirithrin. Moscow: *Onebook*, 2015(162):11. (In Russ.)
11. Anikina A.Yu., Basalaeva I.V., Bushkovskaya L.M., Bykova O.A., Gryaznov M.Yu., Zagumennikov V.B., Klimaxin G.I., Kovalev N.I., Konon N.T., Korotkix I.N., Morozov A.N., Nikiforova O.I., Pushkina G.P., Romashkina S.I., Savchenko O.M., Semenixin I.D., Tocschaya S.A., Tropina N.S., Thaganov R.R., Xazieva F.M., Cicilin A.N. Medicinal and essential oil crops: features of cultivation on the territory of the Russian Federation. Moscow: VILAR, 2021. 256 p. (In Russ.)
12. Abizov E.A., Tolkachev O.N., Klimaxin G.I., Kopylova I.E., Lufarov A.N., Barabanov E.I., Cicilin A.N. Cultivation of *Macleaya x kevensis* Turill in the conditions of the Moscow region. *Sbornik nauchny'x trudov Mezhdunarodnoj konferencii «Geneticheskie resursy' lekarstvenny'x i aromatcheskix rastenij»* Moscow: VILAR, 2004. P.184-188. (In Russ.)
13. Kshnikatkina A.N., Gushchina V.A., Kshnikatkin S.A. Seed productivity of milk thistle depending on the timing, sowing methods and fertilizers. *Tezisy' dokladov VI Mezhdunarodnogo simpoziuma «Novy'e netradicionny'e rastenij i perspektivy' ix ispol'zovaniya»*. Moscow: 2005;(3):144-145. (In Russ.)
14. Zagumennikov V.B. Optimization of the cultivation of medicinal plants in the Nonchernozem zone of the Russian Federation. Moscow: VILAR, 2006. 76 p. (In Russ.)
15. Poludennyj L.V., Sotnik V.F., Xlapcev E.E. Essential oil and medicinal plants. Moscow: Kolos. 1979. 282 p. (In Russ.)
16. Dospexov V.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-50-56>
УДК 634.75:631.81.095.337:631.445.24

Т.Е. Иванова, Е.В. Лekomтцева,
Л.А. Несмелова*, Е.В. Соколова, Т.Н. Тутова

ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
426033, Российская Федерация, г. Ижевск,
ул. Кирова, 16

*Автор для переписки:

lubownecmelowa@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: Иванова Т.Е., Лekomтцева Е.В., Несмелова Л.А., Соколова Е.В., Тутова Т.Н. Эффективность использования микробиологических удобрений при выращивании земляники садовой на дерново-среднеподзолистой почве. *Овощи России*. 2022;(2):50-56. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-50-56>

Поступила в редакцию: 25.02.2022

Принята к печати: 12.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Tatyana E. Ivanova, Elena V. Lekomtseva,
Lyubov A. Nesmelova*,
Elena V. Sokolova, Tatyana N. Tutova

FSBEI of HE Izhevsk State Agricultural Academy
16, Kirov St., Izhevsk, Russian Federation,
426033

*Corresponding author:

lubownecmelowa@yandex.ru

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Ivanova T.E., Lekomtseva E.V., Nesmelova L.A., Sokolova E.V., Tutova T.N. Efficiency of use of microbiological fertilizers in growing strawberry garden on soddy-medium podzolic soil. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):50-56. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-50-56>

Received: 25.02.2022

Accepted for publication: 12.04.2022

Published: 25.04.2022

Эффективность использования микробиологических удобрений при выращивании земляники садовой на дерново-среднеподзолистой почве

**Резюме**

В сельском хозяйстве все большее широкое распространение получает применение микробиологических удобрений. Наличие в них микроорганизмов позволяет улучшать плодородие почв, повышать продуктивность сельскохозяйственных культур, при этом обеспечивается выращивание экологически чистой продукции. Существует большое разнообразие микробиологических удобрений, поэтому определение вида препарата для земляники садовой при выращивании в условиях Удмуртской Республики является актуальным. Цель исследований: сравнительная оценка действия различных видов микробиологических удобрений на продуктивность земляники садовой.

Материалы и методы. Исследования по изучению влияния микробиологических удобрений на урожайность и её структуру у земляники садовой проводили на территории ООО «Восточный» Завьяловского района Удмуртской Республики. В 2016, 2018 годах проведены исследования подкормки земляники садовой сорта Даренка первого и третьего года плодоношения микробиологическими удобрениями на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве. Схема опыта включала следующие варианты: Вода (контроль), Байкал ЭМ 1, Эмикс, Гумат ЭМ. Общая площадь делянки – 2,9 м². Учётная площадь делянки 1,8 м². Размещение вариантов систематическим методом, в шестикратной повторности. Сбор урожая проводили в пять сроков. Исследованиями доказано положительное влияние изучаемых микробиологических удобрений на продуктивность растений. Наибольшая урожайность ягод составила 833,6 г/м², была получена при использовании Байкал ЭМ 1. Самая крупная ягода получена в 2016 году, также при обработке препаратом Байкал ЭМ 1 и составила 14,5 г. Использование микробиологического удобрения Эмикс привело к увеличению количества ягод с куста. Так, в 2016 году их количество составило 45,2 шт.; в 2018 году – 42,0 шт.

Ключевые слова: земляника садовая, комплексные удобрения, урожайность, качество плодов, Удмуртская Республика

Efficiency of use of microbiological fertilizers in growing strawberry garden on soddy-medium podzolic soil

Abstract

In agriculture, the use of microbiological fertilizers is becoming more and more widespread. The presence of microorganisms in them allows improving soil fertility, increasing the productivity of crops, while ensuring the cultivation of environmentally friendly products. There is a wide variety of microbiological fertilizers, so determining the type of preparation for garden strawberries when grown in the conditions of the Udmurt Republic is relevant. The purpose of the research: a comparative assessment of the effect of various types of microbiological fertilizers on the productivity of garden strawberries.

Materials and Methods. Studies on the effect of microbiological fertilizers on the yield and its structure of garden strawberries were carried out on the territory of Vostochny LLC, Zavyalovsky District, Udmurt Republic. In 2016, 2018 studies were carried out on the feeding of garden strawberries of the Darenka variety of the first and third years of fruiting with microbiological fertilizers on soddy-medium-podzolic medium-loamy soil. The scheme of the experiment included the following options: Water (control), Baikal EM 1, Emix, Humat EM. The total area of the plot is 2,9 m². The accounting area of the plot is 1,8 m². Placement of variants by a systematic method, in six-fold repetition.

Results. Harvesting was carried out in five terms. Studies have proven the positive effect of the studied microbiological fertilizers on plant productivity. The highest yield of berries was 833,6 g/m², which was obtained using Baikal EM 1. The largest berry was obtained in 2016, also when treated with Baikal EM 1, and amounted to 14,5 g. To increase the number of berries from the bush. So, in 2016 their number was 45,2; in 2018 – 42,0 pieces.

Keywords: garden strawberry, complex fertilizers, productivity, fruit quality, Udmurt Republic

Земляника садовая – широко распространенная культура благодаря своей высокой пластичности, легкости размножения, быстрому вступлению в плодоношение, раннему созреванию ягод. Земляника очень пластична, ее можно выращивать в разнообразных почвенно-климатических условиях. Её продуктивность в значительной степени зависит от технологии выращивания. Многочисленными исследованиями доказано, что положительное влияние на урожайность оказывает правильный подбор сортов >1, 8, 17%, мульчирование >10%, подкормки удобрениями и использование биологически активных веществ >2-4, 6, 7, 9, 11–17%.

Актуальной проблемой плодоводства и ягодоведения продолжает оставаться повышение продуктивности культур и улучшение качества получаемой продукции. Одним из путей ее решения является использование микробиологических удобрений. На сегодняшний день известны микробные препараты, которые способны улучшать режим питания растений за счет активации и модификации почвенных процессов, переводя биогенные элементы в более доступную для растений форму. Кроме того, микроорганизмам свойственно подавление развития болезней и вредителей, что улучшает продуктивность растений и влияет на качество получаемой продукции. Положительным свойством микробиологических удобрений является возможность их использования на любой стадии развития растений.

удобрений не всегда доказана, а исследований их действия на плодовых и ягодных культурах не выявлено. Поэтому является актуальным определить какой из видов ЭМ препаратов больше подходит для земляники садовой при выращивании в условиях Удмуртской Республики на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве.

Цель исследований: сравнительная оценка действия различных видов микробиологических удобрений на продуктивность земляники садовой.

Материалы и методы

В 2016 и 2018 годах был проведён мелкоделяночный опыт по изучению эффективности подкормки земляники садовой сорта Даренка первого и третьего года плодоношения микробиологическими удобрениями на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве. Исследования проводили по общепринятым методикам >5%.

Опыт однофакторный. В опыте 4 варианта: вода (контроль), Байкал ЭМ 1, Эмикс, Гумат ЭМ. Общая площадь делянки – 2,9 м². Учётная площадь делянки – 1,8 м². Размещение вариантов систематическим методом, в шестикратной повторности. Сбор урожая проводили в пять сроков. Опыты закладывали в п. Италмас Завьяловского района Удмуртской Республики на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве.

По содержанию гумуса почва среднегумусированная

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Тип гранулометрического состава	Гумус, %	pH _{KCl}	S	Hг	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			ммоль/100 г			мг/кг	
Дерново-среднеподзолистая	2,1	5,85	19,2	1,79	89	335	155

Проведенные исследования по изучению действия микробиологических удобрений на различных культурах и в разных климатических условиях показывают неоднозначное действие изучаемых препаратов на растения.

Так, при использовании Эмикса-У на томатах при выращивании в полевых условиях на выщелоченных черноземах привело к повышению урожайности плодов на 28,3 % >9%.

В исследованиях ВНИИ зернобобовых и крупяных культур микробиологические удобрения при подкормках чечевицы увеличили урожайность зерна на 20 ц/га, массу 1000 зерен и повышению белка в зерне >7%.

В Пензенской области в результате инокуляции семян и в сочетании с обработкой вегетирующих органов кормовых бобов удобрением Байкал ЭМ 1 произошло повышение урожайности и качества семян, улучшилась выживаемость растений >6%.

Подкормка микробиологическими удобрениями в фазу бутонизации сои в условиях Чувашской Республики обеспечила прибавку урожая на 35,4–93,0 %, увеличила содержание в семенах сырого протеина, клетчатки, сырой золы >2%.

При этом эффективность микробиологических

на (2,1%). Почва близка к нейтральной. Степень насыщенности основаниями высокая. Обеспеченность почвы подвижным фосфором очень высокая, обменным калием повышенная.

Агрохимические показатели почвы опытного участка дают большие возможности в получении высоких урожаев земляники садовой и изучения микробиологических удобрений Байкал ЭМ 1, Эмикс, Гумат ЭМ.

Предшественником земляники садовой был картофель. Землянику высаживали 7 августа 2015 года, схема посадки 90х50 см. Обработка почвы включала вспашку мотоблоком Агрос-341 с боронованием. Перед посадкой локально был внесен перегной в дозе 60 т/га и удобрение Пермь-ягодное 250 кг/га в физическом весе.

Земляника садовая при недостатке влаги сильно снижает рост и плодоношение. Количество и сроки полива зависят от погодных условий. Землянику поливали 4 раза за сезон, два раза после полива проводили подкормку микробиологическими удобрениями Байкал ЭМ 1, Эмикс, Гумат ЭМ. Микробиологические удобрения вносили в виде полива в первый раз в период отрастания листьев и второй – через 10 дней по схеме опыта в дозах,

рекомендованных производителями микробиологических удобрений при разбавлении 1:100. Уборку проводили в 5 сроков при созревании ягод.

Результаты исследований

В августе 2015 году в период посадки земляники садовой средняя температура воздуха составила – 13,8°С, что ниже нормы на 2,2°С. Осадков выпало на 90% больше среднемноголетних данных, что оказало положительное влияние на приживаемость земляники садовой. В осенний период в сентябре и ноябре температура воздуха была выше среднемноголетней, в октябре ниже на 2,4°С. В сентябре осадков выпало на 45% меньше нормы, а в октябре и ноябре больше соответственно на 29 и 70%. Устойчивый снежный покров установился 27 октября, раньше среднемноголетних сроков на две недели. Высота снежного покрова была достаточна для перезимовки земляники садовой. Аномальных явлений погоды в зимний период для земляники садовой не наблюдалось.

Средняя температура мая 2016 года – 13,7°С, что на 2,0°С выше среднемноголетней. В мае осадков выпало на 62% меньше среднемноголетних данных. В период формирования и созревания ягод земляники садовой температура воздуха была оптимальной и составила во вторую и третью декады июня 18,7 и

17,7°С. В период сбора урожая в 2016 году (15.06–03.07) среднесуточная температура воздуха в основном была выше нормы и отмечены значительные колебания ночных минимумов 8,9-18,9°С. За этот период отмечено 2 очень обильных ливня суммой по 14 мм. Таким образом, в 2016 году в период вегетации земляники садовой температура воздуха была оптимальной, выпадение осадков неравномерное и недостаточное, в результате цветение, формирования и созревание ягод наступило в более ранние сроки.

Среднесуточная температура августа 2017 года была 17,2°С, отклонение от среднемноголетней нормы – 1,2°С. Сумма осадков составила 52 мм. В сентябре, октябре температура воздуха была прак-

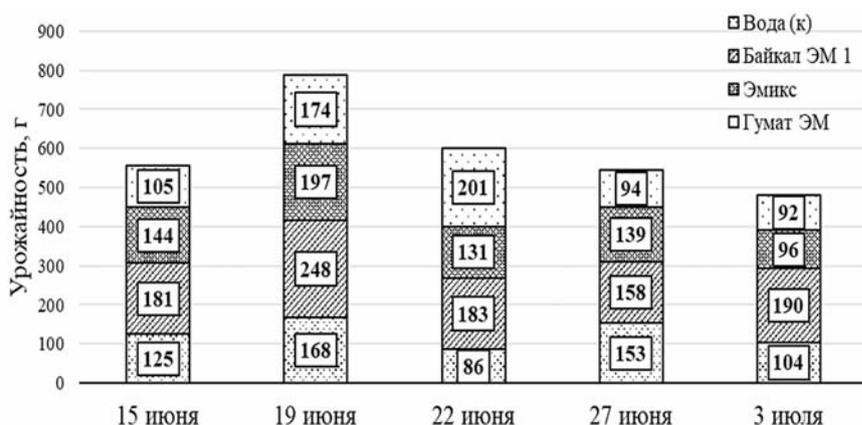


Рис. 1. Урожайность земляники садовой по срокам сборов, г/м² (2016 год)

Таблица 2. Влияние микробиологических удобрений на показатели продуктивности земляники садовой по срокам сборов, 2016 год

Вариант	15 июня	19 июня	22 июня	27 июня	3 июля
количество ягод с куста, шт.					
Вода (к)	4,3	7,0	4,0	8,3	5,8
Байкал ЭМ 1	4,8	7,7	6,0	7,2	4,7
Эмикс	6,0	10,0	10,3	9,2	9,8
Гумат ЭМ	3,0	7,7	5,8	10,2	5,2
НСР ₀₅	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1
масса одной ягоды, г					
Вода (к)	13,3	11,0	10,0	8,4	8,4
Байкал ЭМ 1	17,2	15,1	14,2	10,2	18,7
Эмикс	11,3	9,0	5,9	7,0	4,4
Гумат ЭМ	16,2	10,7	15,8	7,6	8,3
НСР ₀₅	2,8	2,0	2,2	1,3	1,9
масса ягод с куста, г					
Вода (к)	57	76	39	70	47
Байкал ЭМ 1	82	113	83	72	87
Эмикс	66	89	59	64	44
Гумат ЭМ	48	81	91	77	43
НСР ₀₅	10	9	9	6	8

тически на уровне среднемультилетней. Устойчивый снежный покров установился 10 ноября, что соответствует среднемультилетним срокам. Ноябрь, декабрь, январь характеризовались теплой погодой с превышением температуры на 4,3, 3,1 и 1,7°C. Осадков за зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) составило 100, 95, 209% от среднемультилетних.

В период возобновления вегетации (апрель 2018 года), формирования цветonoсов и цветения (июнь) температура воздуха была ниже на 1,1 и 2,3°C, в результате созревание ягод наступило позже и первый сбор провели 30 июня. Таким образом, в 2018 году в период вегетации земляники садовой температура воздуха в апреле, июне была ниже нормы, в мае на уровне среднемультилетней, выпадение осадков недостаточное, что не очень благоприятно повлияло на вегетацию и продуктивность земляники садовой.

В течение двух лет, в 2016 и 2018 годах изучали влияние микробиологических удобрений на урожайность земляники садовой сорта Даренка и элементы ее структуры. В 2017 году подкормка земляники садовой микробиологическими удобрениями не проводилась.

Применение микробиологических удобрений в 2016 году оказало существенное влияние на продуктивность земляники садовой (рис. 1).

Полив растений земляники садовой препаратом Байкал ЭМ 1 позволил получить достоверно высокий урожай по срокам сбора, кроме четвертого. Препарат Эмикс проявил свое положительное воздействие на урожайность земляники садовой только во второй и третий сроки сбора, превышение получено 29 и 45 г/м². Применение Гумат ЭМ позволило получить наивысшую урожайность в третий срок сбора продукции – 201 г/м².

Урожайность складывалась из массы ягод и их количества с куста. Наибольшее количество ягод сформировалось по всем срокам сбора при применении удобрения Эмикс (табл. 2), превышение контроля составило 1,7-6,3 шт. При удобрении земляники садовой Гуматом ЭМ увеличение числа ягод с куста отмечено 22 июня и 27 июня на 1,8 и 1,9 шт.

Достоверно меньше ягод собрали 27 июня и 3 июля на 1,1 шт. при использовании препарата Байкал ЭМ 1 и 15 июня на 1,3 шт. при применении препарата Гумат ЭМ в сравнении с контролем. Во все сроки сбора ягод применение Байкал ЭМ 1 привело к увеличению массы ягоды на 2,2-4,3 г. Использование удобрения Эмикс снизило данный показатель. Применение Гумата ЭМ привело к увеличению массы ягоды на 2,9 г при сборе 15 июня, на 5,8 г при сборе – 22 июня, в остальные сроки масса ягод была на уровне контроля.

Масса ягод с куста по срокам сбора также зависела от применяемого микробиологического удобрения. Исследования выявили существенно большую массу ягод с куста при удобрении Байкалом

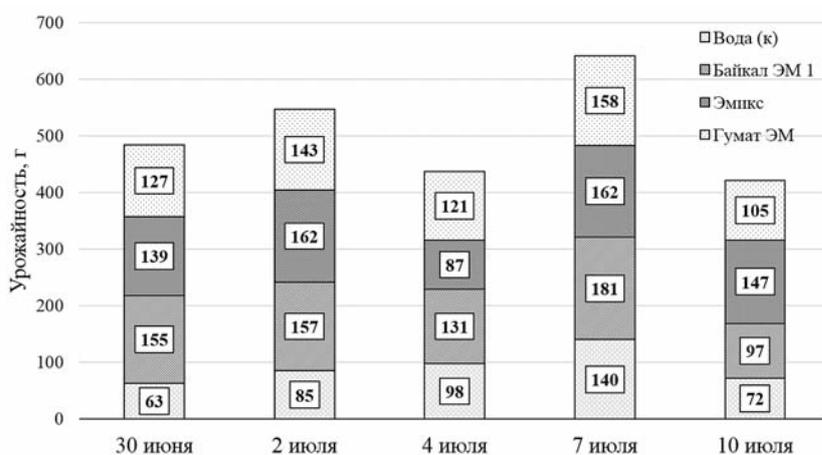


Рис. 2. Урожайность земляники садовой по срокам сборов, г/м² (2018 год)

ЭМ 1 в первый срок сбора ягод – на 25 г, второй срок – на 37 г, третий – на 44 г и последний срок – на 40 г. Применение Эмикс привело к существенному повышению массы ягод с куста при втором сборе – на 13 г и третьем сборе – на 20 г. При использовании Гумата ЭМ отмечалось увеличение этого показателя только при сборе урожая 22 июня (третий сбор) – на 52 г и 27 июня (четвертый сбор) – на 7 г.

Применение препарата Байкал ЭМ 1 способствовало увеличению общей урожайности на 309 г/м², Гумат ЭМ – на 108 г/м² и Эмикс – на 69 г/м² в сравнении с контролем (вода) при НСР₀₅=68 г/м² (табл. 3).

Достоверно увеличилась средняя масса ягоды при поливе Байкал ЭМ 1 на 4,6 г, Гуматом ЭМ на 1,0

Таблица 3. Влияние микробиологических удобрений на урожайность земляники садовой и ее структуру (2016 год)

Вариант	Общая урожайность, г/м ²	Продуктивность (масса ягод с куста), г	Средняя масса ягоды, г	Общее количество ягод с куста, шт.
Вода (к)	638	289	9,9	29,9
Байкал ЭМ 1	947	437	14,5	30,3
Эмикс	707	321	7,2	45,2
Гумат ЭМ	746	339	10,9	31,8
НСР ₀₅	68	26	1,0	3,5

Таблица 4. Влияние микробиологических удобрений на показатели продуктивности земляники садовой по срокам сборов, 2018 год

Вариант	30 июня	2 июля	4 июля	7 июля	10 июля
количество ягод земляники, шт.					
Вода (к)	2,3	4,8	6,3	9,2	6,0
Байкал ЭМ 1	5,0	8,7	6,3	11,3	8,3
Эмикс	5,5	7,7	5,7	10,7	11,8
Гумат ЭМ	4,8	6,5	7,3	9,3	7,7
НСР ₀₅	0,7	0,9	F _ф <F ₀₅	1,1	1,2
масса ягоды, г					
Вода (к)	11,8	8,1	6,9	7,0	5,1
Байкал ЭМ 1	13,6	8,3	9,4	7,2	5,2
Эмикс	11,0	9,8	6,7	7,0	6,0
Гумат ЭМ	11,6	9,7	7,4	7,8	6,2
НСР ₀₅	1,4	0,7	1,1	0,7	0,6
продуктивность растений (масса ягод с куста), г					
Вода (к)	29	39	45	64	32
Байкал ЭМ 1	70	71	59	82	44
Эмикс	63	73	40	74	67
Гумат ЭМ	58	62	55	72	48
НСР ₀₅	5	7	6	8	8

г. Полив растений земляники садовой Эмиксом, наоборот, привел к значимому снижению массы ягоды на 2,7 г в сравнении с контролем, однако, было отмечено существенное увеличение количества ягод на 15,3 шт., что и привело к повышению общей массы ягод с куста и урожайности. Общая масса ягод с куста достоверно увеличилась при использовании всех микробиологических удобрений: при использовании Байкала ЭМ 1 – на 148 г, Гумата ЭМ – на 50 г и Эмикс – на 32 г в сравнении с контролем при НСР₀₅=26 г. При удобрении растений земляники садовой микробиологическими удобрениями Байкал ЭМ 1 и Гумат ЭМ общая урожайность выросла за счет увеличения массы ягоды.

В 2018 году во все сроки сборов применение микробиологических удобрений Байкал ЭМ 1 и Гумат ЭМ обеспечило достоверное повышение уро-

жайности земляники садовой, по удобрению Эмикс прибавки урожайности получены кроме третьего срока сбора (рис. 2).

Применение микробиологических удобрений обеспечило существенное увеличение урожайности земляники садовой в первый срок сбора (30 июня) на 64-92 г/м². Наибольшая прибавка урожайности получена в варианте опыта с применением удобрения Байкал ЭМ 1.

Во второй срок сбора (2 июля) относительно контроля отмечено повышение урожайности при применении удобрений на 58-76 г/м², однако по удобрению Гумат ЭМ наблюдалось снижение данного показателя в сравнении с удобрениями Байкал ЭМ 1 и Эмикс.

Высокая урожайность при сроке сбора ягод 4 июля получена в вариантах опыта с применением

Таблица 5. Влияние микробиологических удобрений на урожайность земляники садовой и ее структуру, 2018 год

Вариант	Урожайность, г/м ²	Продуктивность (масса ягод с куста), г	Средняя масса ягоды, г	Общее количество ягод с куста, шт.
Вода (к)	458	208	7,8	30,1
Байкал ЭМ 1	720	330	8,7	40,0
Эмикс	697	317	8,1	42,3
Гумат ЭМ	654	297	8,6	36,0
НСР ₀₅	52	24	0,6	4,0

Таблица 6. Влияние микробиологических удобрений на урожайность земляники садовой и ее структуру (среднее за два года)

Вариант	Урожайность, г/м ²	Общее количество ягод с куста, шт.	Средняя масса ягоды, г
Вода (к)	548	29,7	8,8
Байкал ЭМ 1	834	35,0	11,6
Эмикс	702	43,4	7,6
Гумат ЭМ	700	33,8	9,8
НСР ₀₅	55	3,1	1,3

удобрений Байкал ЭМ 1 и Гумат ЭМ, превышение относительно контроля составило 33 и 23 г/м². В варианте с применением удобрения Эмикс, существенных различий по сравнению с контролем, не наблюдалось.

Наибольшая урожайность земляники садовой в срок сбора 7 июля отмечена при применении микробиологического удобрения Байкал ЭМ 1, превышение от контроля составило 41 г/м².

В последний срок сбора (10 июля) максимальная урожайность земляники садовой получена при использовании микробиологического удобрения Эмикс разница с контролем составила 75 г/м² (НСР₀₅=17 г/м²).

Количество ягод на кусте в разные сроки сбора земляники садовой, кроме 4 июля, существенно зависело от подкормки микробиологическими удобрениями (табл. 4).

При сроках сбора 30 июня, 2 июля и 10 июля во всех изучаемых вариантах опыта с применением микробиологических удобрений получено существенное увеличение количества ягод – от 1,7 до 5,8 шт. Самое большое количество ягод на кусте было отмечено при сроке сбора 7 июля – при применении удобрений Байкал ЭМ 1 и Гумат ЭМ, а Эмикс – в последний срок сбора.

Средняя масса ягоды во все сроки сборов значительно отличалась по вариантам. Следует отметить, что самая высокая масса ягоды получена в первый сбор 30 июня и варьировала от 11,6 до 13,6 г, что почти в два раза выше массы ягод, собранных в последний срок сбора 10 июня – 5,1-6,2 г. Действие изучаемых микробиологических удобрений на данный показатель было неоднозначно. Удобрение Байкал ЭМ 1 существенно повысил массу ягоды в первый и третий сроки сборов на 1,8 и 2,5 г, Эмикс – во второй и последний сроки сборов на 1,7 и 0,9 г, Гумат ЭМ во второй, четвертый и последний сроки сборов на 1,6, 0,8 и 1,1 г.

Микробиологические удобрения оказали также влияние на продуктивность растений (массу ягод с куста). Удобрения Байкал ЭМ 1 и Гумат ЭМ по всем срокам сбора обеспечили существенное увеличение массы ягод с куста на 10-59 г, положительное влияние удобрения Эмикс на данный показатель отмечено по срокам сбора, кроме третьего (4 июля).

В 2018 году применение препарата Байкал ЭМ 1 способствовало увеличению общей урожайности на 262 г/м², Эмикс – на 239 г/м² и Гумат ЭМ – на 196

г/м² в сравнении с контролем (вода) при НСР₀₅=52 г/м² (табл. 5).

Продуктивность достоверно увеличилась при использовании всех микробиологических удобрений: Байкала ЭМ 1 – на 122 г, Эмикс – на 109 г и Гумата ЭМ – на 89 г в сравнении с контролем при НСР₀₅=24 г. При применении микробиологических удобрений количество ягод с куста варьировало от 36,0 до 42,3 шт. При удобрении растений земляники садовой микробиологическими удобрениями Байкал ЭМ 1, Эмикс и Гумат ЭМ общая урожайность выросла за счет увеличения средней массы ягоды и количества ягод с куста.

Все микробиологические удобрения в среднем за два года исследований оказали существенное влияние на урожайность земляники садовой (табл. 6).

Наибольшая урожайность земляники садовой была получена в варианте опыта с применением микробиологического удобрения Байкал ЭМ 1, превышение над остальными вариантами составило 134-286 г/м². Средняя масса ягоды в данном варианте на 1,8-4,0 г выше, чем в других вариантах. Самое большее количество ягод на кусте выявлено в варианте с применением микробиологического удобрения Эмикс, этот показатель увеличился в среднем на 13,7 шт. в сравнении с контролем.

Таким образом, проведенные исследования (2016 и 2018 годы) по изучению микробиологических удобрений Байкал ЭМ 1, Эмикс и Гумат ЭМ выявили положительное действие на урожайность ягод земляники садовой при выращивании в Удмуртской Республике на дерново-среднеподзолистой почве.

Выводы

1. В среднем за два года все изучаемые микробиологические удобрения существенно увеличили урожайность земляники садовой, наибольшая урожайность ягод была получена при использовании Байкал ЭМ 1. Превышение составило 16-34% в сравнении с остальными вариантами.

2. Средняя масса ягоды существенно изменялась по годам. В 2016 и 2018 годах самая большая масса ягоды была получена при применении Байкал ЭМ 1 и составила в среднем за два года – 11,6 г.

3. Подкормка земляники садовой микробиологическим удобрением Эмикс привела к увеличению количества ягод с куста в оба года исследований в среднем в 1,2-1,5 раз в отличие от других применяемых микробиологических удобрений.

Об авторах:

Татьяна Евгеньевна Иванова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодородия и ово-щеводства, ivanova.tan13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3404-555X>

Елена Владимировна Лекомцева – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, agrotam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9468-851X>

Любовь Александровна Несмелова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодородия и ово-щеводства, автор для переписки, lubownesmelowa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>

Елена Владимировна Соколова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодородия и ово-щеводства, sokolowae@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0237-3041>

Татьяна Николаевна Тутова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры плодородия и ово-щеводства, toutova@udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>

About the authors:

Tatyana E. Ivanova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, ivanova.tan13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3404-555X>

Elena V. Lekomtseva – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, agrotam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9468-851X>

Lyubov A. Nesmelova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, Correspondence Author, lubownesmelowa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5409-2180>

Elena V. Sokolova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, sokolowae@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0237-3041>

Tatyana N. Tutova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, toutova@udm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5925-4334>

• **Литература**

1. Арифова З.И. Продуктивность сортов земляники садовой (*fragaria ananassa* Duch.) в зависимости от применения микробиологических препаратов. ISSN 0513-1634 *Бюллетень ГНБС*. 2017;(122):35-40.
2. Елисева Л.В., Каюкова О.В., Елисеев И.П. Влияние подкормок микробиологическими удобрениями на урожай и качество семян сои. *Вестник Курской ГСХА*. 2019;(2):33-38.
3. Лекомцева Е.В., Иванова Т.Е., Зайцева Л.А. Применение подкормок на землянике садовой. Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск, 2017. С.43-46.
4. Лекомцева Е.В., Иванова Т.Е., Иванов И.Л. Применение комплексных удобрений при выращивании земляники садовой. Коньяевские чтения: материалы VI Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2018. С.175-178.
5. Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Х., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодородии, ово-щеводстве и виноградарстве. Москва: Колос, 1994. 382 с.
6. Остобородова Н.И. Продуктивность кормовых бобов при использовании микробиологического удобрения Байкал ЭМ 1. *Нива Поволжья*. 2009;1(10):39-42.
7. Сироткина Е.Н. К вопросу микробиологических препаратов и удобрений для чечевицы. *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2021;8(1-2):68-70.
8. Сунцова О.В., Соколова Е.В., Семкина О.П. Сортоизучение земляники садовой. Высшему агрономическому образованию в Удмуртской Республике – 55 лет: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию агрономического факультета. Ижевск, 2009. С.152.
9. Тосунов Я.К., Барчукова А.Я., Чернышева Н.В. Эффективность применения микробиологического удобрения Эмикс-у при возделывании томата. *Плодородие*. 2020;(6):66-69.
10. Тутова Т.Н. Реакция сортов земляники садовой на мульчирование // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции в 3-х томах. Ижевск, 2017. С.137-141.
11. Тутова Т.Н., Полякова И.В. Морфологические показатели рассады земляники ремонтантной в зависимости от некорневой подкормки. *Евразийский союз ученых (ЕСУ)*. 2018;10(55):40-42.
12. Иванова Т.Е., Лекомцева Е.В., Соколова Е.В., Тутова Т.Н., Несмелова Л.А. Сравнительная оценка комплексных удобрений при внесении под землянику садовую. *Аграрный вестник Урала*. 2021;3(206):19-29.
13. Иванова Т.Е., Лекомцева Е.В., Тутова Т.Н., Соколова Е.В., Несмелова Л.А. Урожайность и качество земляники садовой при внесении удобрений. *Овощи России*. 2021;(3):94-99. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-94-99>
14. Хилько Л.А., Причко Т.Г. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании земляники. Высокоточные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод: материалы Международной научно-практической конференции. Краснодар. СКЗНИИСИВ, 2010. С.233-236.
15. Hata F.T., Ventura M.U., Souza de J, Sayuri M. Plant Acceptance for Oviposition of *Tetranychus urticae* on Strawberry Leaves Is Influenced by Aromatic Plants in Laboratory and Greenhouse Intercropping Experiments. *Agronomy*. 2020;10(2):193. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020193>
16. Hoehne L., Altmayer T., Martini M.C. Effect of humus and soil substrates on production parameters and quality of organic strawberries. *Horticultura Brasileira*. 2020;(38):101-106. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620200116>
17. Petkova Z., Nedyalkova K. Multiannual growing of remontant strawberries (opportunities for biological production). *Agrojournal*. 2020;(26):513-519.

• **References**

1. Arifova Z.I. Productivity of garden strawberry varieties (*fragaria ananassa* Duch.) depending on the use of microbiological preparations. ISSN 0513-1634 *Bulletin of GNBS*. 2017;(122):35-40. (In Russ.)
2. Eliseeva L.V., Kayukova O.V., Eliseev I.P. Influence of fertilizing with microbiological fertilizers on the yield and quality of soybean seeds. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019;(2):33-38. (In Russ.)
3. Lekomtseva E.V., Ivanova T.E., Zaitseva L.A. The use of fertilizing on garden strawberries. Science-based technologies for the intensification of agricultural production: materials of the International Scientific and Practical Conference. Izhevsk, 2017. P.43-46. (In Russ.)
4. Lekomtseva E.V., Ivanova T.E., Ivanov I.L. The use of complex fertilizers in the cultivation of garden strawberries. Konyayev readings: materials of the VI International scientific-practical conference. Yekaterinburg, 2018. P.175-178. (In Russ.)
5. Moiseichenko V.F., Zaveryukha A.Kh., Trifonova M.F. Fundamentals of scientific research in fruit growing, vegetable growing and viticulture. Moscow: Kolos, 1994. 382 p. (In Russ.)
6. Ostoborodova N.I. Productivity of fodder beans when using microbiological fertilizer Baikal EM 1. *Niva Povolzhya*. 2009;1(10):39-42. (In Russ.)
7. Sirotkina E.N. On the issue of microbiological preparations and fertilizers for lentils. *Breeding and variety cultivation of horticultural crops*. 2021;8(1-2):68-70. (In Russ.)
8. Suntsova O.V., Sokolova E.V., Semakina O.P. Variety study of garden strawberries. Higher agronomic education in the Udmurt Republic is 55 years old: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 55th anniversary of the Faculty of Agronomy. Izhevsk, 2009. P.152. (In Russ.)
9. Tosunov Ya.K., Barchukova A.Ya., Chernysheva N.V. The effectiveness of the use of microbiological fertilizer Emiks-u in the cultivation of tomato. *Fertility*. 2020;(6):66-69. (In Russ.)
10. Tutova T.N. Reaction of garden strawberry varieties to mulching. Science-based technologies for the intensification of agricultural production: materials of the International scientific-practical conference in 3 volumes. Izhevsk, 2017, pp. 137-141. (In Russ.)
11. Tutova T.N., Polyakova I.V. Morphophysiological parameters of remontant strawberry seedlings depending on foliar feeding. *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. 3 part. 2018;10(55):40-42. (In Russ.)
12. Ivanova T.E., Lekomtseva E.V., Sokolova E.V., Tutova T.N., Nesmelova L.A. Comparative evaluation of complex fertilizers when applied under garden strawberries. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021;3(206):19-29. (In Russ.)
13. Ivanova T.E., Lekomtseva E.V., Tutova T.N., Sokolova E.V., Nesmelova L.A. Yield and quality of strawberries when applying fertilizers. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):94-99. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-94-99>
14. Khilko L.A., Prichko T.G. The effectiveness of the use of mineral fertilizers in the cultivation of strawberries. High-precision technologies for the production, storage and processing of fruits and berries: materials of the International Scientific and Practical Conference. Krasnodar. SKZNIISIV, 2010. P.233-236. (In Russ.)
15. Hata F.T., Ventura M.U., Souza de J, Sayuri M. Plant Acceptance for Oviposition of *Tetranychus urticae* on Strawberry Leaves Is Influenced by Aromatic Plants in Laboratory and Greenhouse Intercropping Experiments. *Agronomy*. 2020;10(2):193. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020193>
16. Hoehne L., Altmayer T., Martini M.C. Effect of humus and soil substrates on production parameters and quality of organic strawberries. *Horticultura Brasileira*. 2020;(38):101-106. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620200116>
17. Petkova Z., Nedyalkova K. Multiannual growing of remontant strawberries (opportunities for biological production). *Agrojournal*. 2020;(26):513-519.

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-57-64>
УДК 635.782:631.81.095.337:581.19

А.И. Молдован^{1*}, В.А. Харченко¹,
Н.А. Голубкина¹, Е.Г. Кекина², Д. Карузо³

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

² Медицинская академия постдипломного образования Москва, 123995, Россия

³ Неаполитанский государственный университет им. Федерико II 80055, Неаполь, Италия

*Адрес для переписки: nastiamoldovan@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: А.И. Молдован, В.А. Харченко, Н.А. Голубкина, Д. Карузо – разработка задач исследования, статистическая обработка результатов и написание статьи, Е.Г. Кекина – аналитические исследования и написание статьи.

Для цитирования: Молдован А.И., Харченко В.А., Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Карузо Д. Внекорневое обогащение кривеля селеном и йодом на фоне использования микроудобрения Силиплант, содержащего кремний. *Овощи России*. 2022;(2):57-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-57-64>

Поступила в редакцию: 23.03.2022

Принята к печати: 05.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Anastasia I. Moldovan^{*}, Viktor A. Kharchenko¹,
Nadezhda A. Golubkina¹, Elena D. Kekina²,
Gianluca Caruso³

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

² Department of Hygiene, Medical Postgraduate Academy 123995 Moscow, Russia

³ Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II 80055 Portici, Naples, Italy

*Correspondence: nastiamoldovan@mail.ru

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Moldovan A.I., Kharchenko V.A., Golubkina N.A., Kekina E.D., Caruso G. Foliar bio-fortification of chervil with selenium and iodine under silicon containing fertilizer supply. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):57-64. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-57-64>

Received: 23.03.2022

Accepted for publication: 05.04.2022

Published: 25.04.2022

Внекорневое обогащение кривеля селеном и йодом на фоне использования микроудобрения Силиплант, содержащего кремний



Резюме

Селен (Se) и йод (I) являются эссенциальными элементами для человека, дефицит которых широко распространен во всем мире. С целью получения функционального продукта питания с повышенным содержанием микроэлементов в вегетационном опыте проведено внекорневое обогащение двух сортообразцов кривеля селеном (селенат натрия 10 мг/л) и йодом (иодид калия 100 мг/л) без и на фоне использования кремний содержащего удобрения Силиплант (3 мл/л). Установлено, что совместное и раздельное применение селената, иодида и Силипланта увеличивает биомассу растений. Применение Силипланта усиливало накопление растениями йода в 1.7-1.9 раз, а применение селена – в 2.2-3.1 раз. Достоверное увеличение содержания аскорбиновой кислоты обеспечивалось совместным использованием йода и селена (1.25-1.27 раз), йода и кремния (1.46-1.87 раз) и селена, йода и кремния (1.31-1.73 раз) в то время как повышение общей антиоксидантной активности (в 1.3-1.4 раз) наблюдалось для вариантов (Se+I) и (Se+I+Si). Выявлены высокие межсортовые различия в отзывчивости растений на выбранные обработки, проявляющиеся, в частности, в возрастании накопления полифенолов под действием раздельных и совместных обработок кривеля йодом и селеном в 1.26 раз в сортообразце 21-20 и отсутствии значимого эффекта у сортообразца 24-20. Показано, что, учитывая суточную потребность человека в йоде и селене, 50 г получаемых функциональных продуктов питания способны обеспечить до 79% суточной потребности человека в йоде и до 40% в селене.

Ключевые слова: *Anthriscus cerefolium* (L.), селен, йод, кремний, Силиплант, антиоксиданты, биообогащение, межсортовые различия

Foliar biofortification of chervil with selenium and iodine under silicon containing fertilizer supply

Abstract

Selenium (Se) and iodine (I) are essential elements for humans, and their deficiency is widespread throughout the world. In order to obtain a functional nutritional product with an increased content of these trace elements in the vegetative experiment, foliar biofortification of two chervil varieties with selenium (sodium selenate 10 mg/l) and iodine (potassium iodide 100 mg/l) was carried out without and against the background of the use of silicon-containing fertilizers Siliplant (3 ml/l). The combined and separate application of selenate, iodide and Siliplant increased plants' biomass. Siliplant utilization increased the accumulation of iodine by 1.7-1.9 times, and selenium supply – by 2.2-3.1 times. A significant increase in ascorbic acid content was provided by the combined supplementation of iodine and selenium (1.25-1.27 times), iodine and silicon (1.46-1.87 times) and joint application of selenium, iodine, and silicon (1.31-1.73 times), while an increase in total antioxidant activity (1.3-1.4 times) was observed for (Se+I) and (Se+I+Si) treatments. High varietal differences in the responsiveness of plants to the selected treatments were manifested, particularly an increase of polyphenols accumulation under separate and joint treatments of chervil with iodine and selenium by 1.26 times in the cultivar 21-20, and the absence of a significant effect in the cultivar 24-20. Taking into account the adequate consumption levels (ACL) of iodine and selenium, 50 g of the resulting functional product can provide up to 79% of iodine ACL and up to 40% in selenium ACL.

Keywords: *Anthriscus cerefolium* (L.), selenium, iodine, silicon, Siliplant, antioxidants, biofortification, varietal differences

1. Введение

В организме человека йод и селен выполняют функции мощных природных антиоксидантов, участвуют в росте и развитии, защищают от возникновения и развития онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний, оптимизируют иммунитет и работу мозга и репродуктивных органов. Их дефицит приводит к снижению иммунитета, значительному увеличению риска возникновения и развития вирусных (включая ковид), онкологических и кардиологических заболеваний [1-3].

Суточная потребность человека в йоде составляет 120 мкг, а в селене – 70 мкг. На 2007 год более 2 млрд человек во всем мире испытывают дефицит йода [4] и от 500 млн до 1 млрд человек селена [5-7]. Большая часть территории России имеет почвы, бедные селеном [8].

Наиболее перспективным, высокоэффективным и экологически безопасным решением проблемы йодо- и селенодефицита считается обогащение сельскохозяйственных культур данными микроэлементами [9,10]. В отличие от млекопитающих, для растений йод и селен не являются эссенциальными нутриентами. Тем не менее, установлено, что селен повышает антиоксидантную защиту растений от различного рода стрессов (засухи, подтопления, засоления, заморозков, тяжелых металлов, высокой освещенности или ультрафиолетового излучения) [11]. Кроме того, в умеренных дозах йод и селен могут оказывать ростостимулирующее действие на растения и повышать уровень накопления важнейших природных антиоксидантов, в частности, витаминов, полифенолов, флавоноидов, обеспечивая получение продукции функционального назначения [12-16].

С другой стороны, сложность получения таких функциональных продуктов питания связана с низкой эффективностью совместного обогащения и токсичностью для растений высоких доз селена и йода [16]. Неясным остается механизм взаимосвязи йода и селена в растениях, данные о влиянии

совместного использования йода и селена на биохимические показатели растений крайне фрагментарны.

В последние годы кремниевые удобрения, в том числе Силиплант, приобретают все большую популярность в растениеводстве, поскольку кремний повышает устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам, стимулирует развитие корневой и надземной части растений, активизирует фотосинтез и повышает антиоксидантный статус растений [17].

Нами впервые исследовалась эффективность использования ионной формы кремния в обогащении растений кервеля йодом и селеном, а также влияние кремния на биохимические характеристики растений и уровень биообогащения растениями данными микроэлементами. Объектом исследования был выбран кервель (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.) - ароматическая культура из семейства *Apiaceae*, уникальная пряность с коротким вегетационным периодом, значимыми лечебными свойствами и высоким содержанием антиоксидантов [18].

2. Материалы и методы

Эксперимент проводился в 2020 и 2021 годах в Федеральном научном центре овощеводства. Объектами исследования явились сортообразцы кервеля 21-20 и 24-20 (рис. 1).

Растения выращивали в вегетационных сосудах объемом 10 л (диаметр 20 см) на смеси торфа и перлита. Характеристика торфа: степень разложения – до 20%, влажность – не более 65%, рН – 5,5-6,2. Семена высевали 1 июля. Плотность посева 30 растений/сосуд.

Вегетационный опыт включал внекорневое обогащение сортообразцов кервеля селеном (селенат натрия 10 мг/л) и йодом (иодид калия 100 мг/л) без и на фоне обработки удобрением Силиплант (3 мл/л). Силиплант – кремнийсодержащее удобрение, в состав которого, кроме кремния Si (7%) и



a



b

Рис. 1. Внешний вид сортообразцов кервеля 21-20 (a) и 24-20 (b)

калия (1%), входят в легко доступной для растений хелатной форме микроэлементы (мг/л): Fe – 300; Mg – 100; Cu – 70-240; Zn – 80; Mn – 150; Co – 15; B – 90. Обработку растений растворами осуществили на 15 день после посева.

Эксперимент включал 8 вариантов для каждого сортообразца: 1) контроль; 2) Na_2SeO_4 в концентрации 10 мг/л; 3) KI в концентрации 100 мг/л; 4) Na_2SeO_4 + KI; 5) Силиплант в концентрации 3 мл/л; 6) Na_2SeO_4 + Силиплант; 7) KI + Силиплант; 8) Na_2SeO_4 + KI + Силиплант. Расход рабочих растворов составил 1-1,5 л/10 м². Повторность трехкратная. Растения были собраны 4 сентября.

Пробоподготовка

После уборки урожая черешки растений промыли дистиллированной водой для удаления остатков почвы, листья и черешки разделяли, взвешивали и гомогенизировали. Для определения содержания аскорбиновой кислоты и фотосинтетических пигментов использовали свежие гомогенаты. Остальную часть материала высушили при 50°C до постоянной массы для дальнейшего определения содержания нитратов, водорастворимых соединений, антиоксидантной активности, полифенолов.

Содержание сухого вещества

Содержание сухого вещества определяли гравиметрически после высушивания образцов при 50°C до постоянной массы [19].

Аскорбиновая кислота

Содержание аскорбиновой кислоты устанавливали методом визуального титрования 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактивом Тиллманса) [20].

Полифенолы

Содержание полифенолов определяли спектрофотометрически с помощью реактива Фолина-Чиокалтеу [20]. 1 г сухого порошка кривея экстрагировали в течение часа при 80°C 20 мл 70% этанола. Раствор охлаждали до комнатной температуры, переносили количественно в 25 мл мерную колбу и доводили до метки 70% спиртом. Полученный экстракт перемешивали и фильтровали через складчатый фильтр. В мерную колбу на 25 мл добавляли 1 мл экстракта, 2,5 мл насыщенного раствора карбоната натрия Na_2CO_3 и 0,25 мл разбавленного вдвое дистиллированной водой реактива Фолина-Чиокалтеу. Полученную смесь после интенсивного перемешивания доводили до метки дистиллированной водой. Через час после окончания реакции измеряли показатель поглощения раствора при 730 нм на спектрофотометре Unicо 2804 UV (США). Содержание полифенолов рассчитывали по стандартной кривой, полученной с использованием 6 растворов галловой кислоты (Sigma) в интервале концентрации 0-90 мкг/мл. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

Антиоксидантная активность (АОА)

Для определения антиоксидантной активности использовали колориметрический метод [20], основанный на титровании раствора 0.01 N KMnO_4 в кислой среде этанольным экстрактом кривея до обесцвечивания, свидетельствующего о полном восстановлении Mn^{+6} до Mn^{+2} . В качестве внешнего стандарта использовали галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

Фотосинтетические пигменты

Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрически на спиртовых экстрактах листьев с использованием уравнений, предложенных Lichtenthaler [21]:

$$\begin{aligned} \text{Ch-a} &= 13.36A_{664} - 5.19A_{649}; \\ \text{Ch-b} &= 27.43A_{649} - 8.12A_{664}; \\ \text{C c} &= (1000A_{470} - 2.13\text{Ch-a} - 97.63\text{C-b})/209 \end{aligned}$$

где A = абсорбция, Ch-a = хлорофилл a, Ch-b = хлорофилл b, C c = каротин
Результаты выражали в мг/г сырой массы.

Водорастворимые соединения

Уровень накопления водорастворимых соединений определяли в водных экстрактах образцов с использованием портативного кондуктометра TDS-3 (Корея).

Нитраты

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

Водорастворимый белок

Уровни водорастворимого белка определяли спектрофотометрически согласно методу Брэдфорда, с использованием кумасси голубого 250 при pH [22].

Определение селена

Селен определяли флуориметрическим методом [23]. Высушенные гомогенизированные образцы разлагали смесью азотной и хлорной кислот с последующим восстановлением селената (Se^{+6}) в селенит (Se^{+4}) действием 6 N HCl. Концентрацию Se определяли по величине флуоресценции комплекса (пиазоселенола) селенистой кислоты с 2,3-диаминонафталином в гексане по величине эмиссии при 519 нм при длине волны возбуждения 376 нм. Повторность трехкратная. Точность определения контролировалась путем использования в каждом определении внешнего стандарта – порошка стеблей мицубы, обогащенной Se, с концентрацией Se 1865 мкг/кг.

Определение йода

Определение йода проводили с использованием вольтамперометрического анализатора ТА-4 (Томаналит, Томск, Россия) [24], оснащенного встроенной УФ-лампой и трехэлектродной электрохимической ячейкой: вспомогательным и эталон-

ным электродами (хлориды серебра в 1 М KCl), а также рабочим электродом, т. е. модифицированным серебряным электродом. К 0,1 г высушенного гомогенизированного образца добавляли 2 мл 10% раствора едкого калия, полученную смесь минерализовали при 40-550°С. Реакционную массу охлаждали, добавляли 1 мл 10% – ного раствора сульфата цинка. Полученную пробу растворяли в 10 мл дистиллированной воды, и концентрацию йода определяли с использованием концентрированной муравьиной кислоты в качестве фонового электролита и стандартных растворов йодида калия 0,1 мг/л, 1 мг/л и 10 мг/л.

Статистический анализ

Результаты исследования подвергали статистической обработке с использованием теста Дункана и компьютерной статистической программы Excel.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Биометрические показатели

Раздельное и совместное внекорневое внесение селена и йода в концентрациях 10 мг/л и 100 мг/л соответственно с внесением и без внесения удобрения Силиплант в качестве источника кремния не оказало достоверного влияния на высоту растений и содержание сухого вещества (табл. 1).

В то же время обращает внимание значительное увеличение массы листьев при комплексной обработке растений селеном и йодом (Se+I), селеном и кремнием (Se+Si) и селеном, йодом и кремнием (Se+I+Si), составившее по сравнению с контролем 1.23-1.84, 1.23-1.48 и 1.31-1.28 раз соответственно. Показательно, что более высокие уровни увеличения массы листьев были у сортообразца 24-20, что говорит о более выраженной отзывчивости сортообразца 24-20 к внесению Se+I, Se+Si и Se+I+Si. Более того, именно у сортообразца 24-20 проявлял-

Таблица 1. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на биометрические показатели кервеля и содержание сухого вещества
Table 1. Effect of selenium, iodine and silicon foliar supplementation on chervil biometric characteristics and dry matter content

Вариант Treatment	Масса листьев, г Leaves biomass, g		Высота, см Height, cm		Сухое вещество, % Dry matter, %	
	21-20	24-20	21-20	24-20	21-20	24-20
Контроль Control	213.2 ±21.0d	200.0±19.3b	33.0±3.1a	38.4±3.7a	11.4±1.2a	11.0±1.0a
Se	246.9±23.6abd	325.6±33.1a	32.6±3.2a	37.0±3.7a	11.8±1.3ab	11.8±1.2a
I	225.2±21.8cd	266.0±25.9a	36.4±3.4a	39.2±4.0a	10.9±1.1ab	12.6±1.3a
Se+I	261.4±24.7ab	368.6±35.9a	37.5±3.9a	38.7±3.9a	11.1±1.3ab	11.5±1.0a
Si	235.7±22.9bcd	276.2±26.2a	35.8±3.6a	38.6±3.9a	9.3±0.9b	12.9±1.2a
Si+Se	262.2±26.7ab	296.1±30.0a	32.7±3.1a	37.9±3.8a	10.1±0.9ab	11.8±1.2a
Si+I	244.0±23.8abcd	221.2±21.5bc	34.2±3.3a	35.2±3.4a	10.9±1.1ab	12.4±1.4a
Si+Se+I	277.8±26.2a	256.0±24.2c	36.1±3.6a	39.0±3.7a	11.4±1.2ab	11.5±1.3a

*Значения для каждого показателя с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при P<0.05
 For each parameter, values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05

Таблица 2. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление фотосинтетических пигментов (мг/г сырой массы)
Table 2. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on photosynthetic pigments accumulation by chervil (mg/g fresh weight)

Вариант Treatment	Хлорофилл а Chlorophyll a		Хлорофилл b Chlorophyll b		Каротин Carotene	
	21-20	24-20	21-20	24-20	21-20	24-20
Контроль Control	1.13±0.12a	1.36±0.14a	2.84±0.30b	3.03±0.31a	0.54±0.05a	0.50±0.05a
Se	1.14±0.13a	1.25±0.13a	2.93±0.30b	3.27±0.33a	0.55±0.0a	0.60±0.07a
I	1.00±0.09a	1.28±0.13a	2.39±0.24b	3.28±0.34a	0.42±0.04 a	0.61±0.06a
Se+I	1.36±0.14a	1.30±0.13a	3.65±0.37a	3.02±0.30a	0.82±0.09b	0.77±0.08b
Si	0.78±0.08b	1.15±0.12a	2.29±0.27b	2.70±0.28a	0.43±0.04a	0.46±0.05a
Si+Se	1.25±0.13a	1.13±0.11a	2.84±0.27b	2.74±0.26a	0.56±0.06a	0.53±0.05a
Si+I	1.00±0.11a	1.27±0.13a	3.46±0.35a	2.92±0.31a	0.59±0.09a	0.49±0.05a
Si+Se+I	1.16±0.15a	1.13±0.11a	2.84±0.29b	3.00±0.30a	0.53±0.04a	0.59±0.06a

*Значения для каждого показателя с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при P<0.05
 Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05

ся значимый ростостимулирующий эффект как селена, так и йода, и ионной формы кремния при раздельном использовании, обеспечивающий увеличение массы листьев в 1.63, 1.33 и 1.4 раза соответственно. Установленный ростостимулирующий эффект ионной формы кремния, особенно выраженный у сортообразца 24-20, оказался сходным с аналогичными данными, полученными при использовании nano частиц кремния [24], что указывает на сходный характер воздействия ионной и nano форм кремния на рост и развитие растений.

3.2. Антиоксидантный статус

3.2.1. Фотосинтетические пигменты

Интенсивность фотосинтеза в значительной степени определяет эффективность роста и развития растений. Известно, что селен стимулирует фотосинтез в растениях [26], однако интенсивность влияния этого микроэлемента на фотосинтетические пигменты в значительной степени зависит от генетических особенностей культуры [27]. Что касается йода, то согласно литературным данным влияние последнего на накопление хлорофилла и каротина носит противоречивый характер [28,29].

В настоящем исследовании используемая раздельная и совместная обработка кривеля йодом, селеном и кремнием оказывала слабое влияние на содержание фотосинтетических пигментов. Значимое возрастание содержания хлорофилла b было выявлено только на сортообразце 21-20 при внекорневой обработке растений йодом и селеном (I+Se) и йодом и кремнием (I+Si). Уровень каротина в листьях был достоверно повышен только в растениях, обработанных йодом и селеном (I+Se). Более слабое влияние селена, йода и кремния на накопление фотосинтетических пигментов, установленное в настоящей работе, по сравнению с данными, опубликованными ранее в вариантах с nano частицами кремния [25], может быть связано с меньшей используемой дозой вносимых элементов.

Согласно литературным данным образующиеся в растениях йодированные белки в наземной части растений связаны в первую очередь с хлоропластами и функционально участвуют в процессах фотосинтеза, в то время как аналогичные производные в корнях преимущественно связаны с действием различных пероксидаз [30]. Что касается кремния, то установлено, что кремний стимулирует накопление хлорофилла a и каротина, что было отмечено на ионной форме [31] и наночастицах кремния [25].

3.2.2. Антиоксиданты и полифенолы

Возможность повышения уровня природных антиоксидантов в растениях при обработке селеном, йодом и кремнием широко обсуждается в научной литературе [25, 32-34].

В настоящей работе значимое возрастание содержания аскорбиновой кислоты было выявлено в листьях кривеля при обработке растений йодом и селеном (I+Se), йодом и кремнием (I+Si) и йодом, селеном и кремнием (I+Se+Si), составившее в среднем (1.25-1.27), (1.46-1.87) и (1.31-1.73) раз соответственно (табл.3).

Возрастание общей антиоксидантной активности (AOA) растений оказалось более выраженным для сортообразца 24-10 и проявлялось в вариантах обработки растений йодом (I), йодом и селеном (I+Se), йодом селеном и кремнием (I+Se+Si), а также кремнием (Si). Средний уровень возрастания AOA в этих случаях составил 1.4 раза. Напротив, повышение уровня AOA в листьях сортообразца 21-20 наблюдалось только в вариантах обработки растений селеном и йодом (I+Se) и селеном, йодом и кремнием (I+Se+Si).

С другой стороны, следует отметить, что уровень накопления полифенолов, являясь более стабильным показателем по сравнению с общей антиоксидантной активностью [25], возрастал только в листьях сортообразца 21-20, обработанного селеном (Se), йодом (I) и селеном и йодом (Se+I).

Таблица 3. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление аскорбиновой кислоты, полифенолов и общую антиоксидантную активность
Table 3. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on ascorbic acid, polyphenols accumulation and antioxidant activity

Вариант Treatment	Аскорбиновая кислота, мг/100 г с. м. Ascorbic acid, mg/100 g d.w.		AOA, мг ГКЭ/г с.м. AOA, mg GAE/g d.w.		Полифенолы, мг ГК/г с.м. TP (total phenolics), mg GAE/g d.w.	
	21-20	24-20	21-20	24-20	21-20	24-20
Контроль Control	28.5 ± 3.0b	22.8±2.3 c	30.1±2.8a	31.4±2.9c	17.2±1.5b	19.1±1.7a
Se	30.5±0.31b	19.9±2.0c	37.3±3.1b	37.3±3.6b	22.1±2.0a	20.0±1.9a
I	30±4.2b	18.4±1.7c	35.9±3.0b	44.3±4.2a	21.7±2.1a	22.3±2.1a
Se+I	35.5±3.6ab	29±4.0a	39.4±4.0ab	44.9±4.5a	21.4±1.9a	21.6±2.2a
Si	27.9±2.8b	20.7±2.1c	34.2±2.9ab	44.2±4.1a	18.6±1.9ba	23.3±2.4a
Se+Si	29.4±3.0b	27.8±2.8b	34.3±3.2ab	38.2±3.6b	20.5±2.0ba	22.7±2.1a
I+Si	41.5±4.2a	42.7±4.1a	33.7±3.1ab	35.0±3.1bc	18.0±1.6b	20.2±2.0a
Se+I+Si	37.3±3.6ab	39.5±4.0a	41.7±3.9b	42.9±4.0a	20.6±1.8ba	22.0±2.1a

*Значения для каждого показателя с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при $P < 0.05$
Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

3.3. Водорастворимые соединения и нитраты

Данные табл.4 свидетельствуют о том, что уровень нитратов в кривеле при всех использованных обработках не превышал предельно допустимых значений, принятых для зеленных культур (2000 мг/кг сырой массы) и находился в пределах от 5.07 до 7.00 мг/г сухой массы (558-770 мг/кг сырой массы).

Уровень накопления водорастворимых соединений, включающих содержащиеся в растении водорастворимые формы минералов, сахара, органические кислоты и т.п., в условиях эксперимента практически не различался по вариантам за исключением данных для сортообразца 21-20, обработанного йодом и селеном (I+Se), превышающих показатель для контрольных растений в 1.3 раза.

3.4. Водорастворимые белки

Известно, что положительное действие селена на рост и развитие растений часто сопровождается возрастанием интенсивности биосинтеза водорастворимых белков [35]. По данным настоящего

исследования наиболее значимое увеличение накопления водорастворимых белков имело место при обработке сортообразца 24-20 не только селеном (Se), но также кремнием (Si) и кремнием и селеном (Se+Si). Напротив, обработка сортообразца 21-20 кремнием (Si) и (Se+Si) не оказывало достоверного влияния на накопление водорастворимых белков, а внекорневое внесение селена обеспечивало лишь небольшое возрастание этого показателя, без статистической достоверности различий (табл.5).

3.5. Селен

Данные таблицы 6 свидетельствуют о том, что ионная форма кремния не влияет на уровень аккумуляции селена кривелем, аналогично отсутствию такого эффекта также и у нано-частиц кремния, описанного ранее [25].

С другой стороны, полученные результаты указывают на возможность увеличения накопления селена при совместной обработке растений йодом и селеном, однако, эффективность такого взаимо-

Таблица 4. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление водорастворимых соединений и нитратов в кривеле

Table 4. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on chervil total dissolved solids (TDS) and nitrates accumulation

Обработки Treatment	Водорастворимые соединения, мг/г с.м. TDS (Total dissolved solids) mg/g d.w.		Нитраты, мг/г с.м. Nitrates, mg/g d.w.	
	21-20	24-20	21-20	24-20
Контроль Control	109.39±9.5 b	138.32±14.9a	5.63±0.7 a	5.45±0.8bc
Se	115.91±11.7b	127.61±13.0a	5.68±0.4a	5.22±0.4bc
I	126.23±11.9ab	132.09±12.8a	6.4±0.5a	6.22±0.6a
Se+I	145.50±13.8a	121.74±11.7a	6.96±0.7a	5.07±0.4c
Si	106.52±10.2b	126.37±12.8a	5.31±0.8a	6.72±0.7ab
Se+Si	114.15±10.9b	136.25±13.8a	6.10±0.5a	7.00±0.6a
I+Si	127.72±12.1ab	135.82±13.4a	6.19±0.5a	6.22±0.5ab
Se+I+Si	110.50±10.9a	145.50±14.7a	6.00±0.6a	6.50±0.7ab

*Значения для каждого показателя с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при P<0.05
Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05

Таблица 5. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление водорастворимых белков в кривеле (%)
Table 5. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on chervil water soluble protein accumulation (%)

Вариант Treatment	Сортообразец Variety	
	21-20	24-20
Контроль Control	3.65±0.37bcd	3.27±0.33 cd
Se	4.28±0.4a	4.00±0.39b
I	5.01±0.50a	3.77±0.39bc
Se+I	1.99±0.20e	2.98±0.30d
Si	3.57±0.26bc	4.03±0.40b
Se+Si	3.44±0.32cd	4.18±0.42ab
I+Si	3.48±0.35bcd	3.79±0.38bc
Se+I+Si	3.75±0.38bc	3.52±0.35bcd

*Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при P<0.05
Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at p<0.05

Таблица 6. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление селена (мкг/кг с.м.)
Table 6. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on Se accumulation by chervil ($\mu\text{g}/\text{kg}$ d.w.)

Вариант Treatment	Сортообразец Variety	
	21-20	24-20
Контроль Control	216 \pm 21.2	172 \pm 16.4a
Se	2522 \pm 253ab	2378 \pm 235ab
I	199 \pm 20cd	169 \pm 17d
Se+I	2817 \pm 281a	2704 \pm 208a
Si	218 \pm 21	181 \pm 18a
Se+Si	2136 \pm 212b	2097 \pm 210b
I+Si	225 \pm 21c	225 \pm 22c
Se+I+Si	2082 \pm 207b	2103 \pm 209b

*Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при $P < 0.05$
Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

Таблица 7. Влияние внекорневого внесения селена, йода и кремния на накопление йода (мг/кг с.м.)
Table 7. Effect of foliar Se, I and Si supplementation on iodine accumulation by chervil

Вариант Treatment	Йод, мг/кг с.м.; Iodine, mg/kg d.w.	
	21-20	24-20
I	8.4 \pm 0.7c	4.2 \pm 0.3d
Se+I	19.0 \pm 2.0a	13.0 \pm 1.3b
I+Si	14.0 \pm 1.7b	7.8 \pm 0.6c
Se+I+Si	12.8 \pm 1.2b	5.5 \pm 0.4d

*Значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно данным теста Дункана при $P < 0.05$

Values with the same letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$

действия сортоспецифична. Так, обработка Se+I сортообразца 24-20 привела к увеличению содержания селена в 1.7 раз по сравнению с отдельным применением селена, в то время как у сортообразца 21-20 уровень селена возрос лишь в 1.1 раз.

При рекомендуемой суточной потребности в селене (70 мкг) 25 г свежей зелени кервеля, обогащенного Se+I+Si, способно удовлетворить 85-86 % суточной потребности, что обуславливает перспективность такого метода для профилактики селенодефицита.

3.6. Йод

Все варианты обработок совместного внесения йода с селеном и/или кремнием привели к повышению уровня йода в растениях по сравнению с отдельным внесением йода (табл.7). Полученные данные указывают на эффективное взаимодействие трех микроэлементов (I, Se, Si) на уровень обогащения растениями йодом. Так, при обработке Se+I содержание йода в сортообразце 21-20 увеличилось в 2.3 раз, а в сортообразце 24-20 - в 3.1 по сравнению с отдельной обработкой йодом; при обработке I+Si - в 1.7 и 1.9 раз; а комплексное внесение йода, селена и кремния - в 1.5 и 1.3 соответственно.

При рекомендуемой суточной потребности человека в йоде (120 мкг) 50 г зелени кервеля, обогащенного Se+I+Si, способно обеспечить до 79 % суточной потребности человека в йоде и до 40% в селене (при норме 70 мкг/день).

Выводы

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что и селен, и ионная форма кремния усиливают аккумуляцию йода кервелем. С другой стороны, аккумуляция растениями селена не зависит от использования йода и кремниевых удобрений Силиплант. Установлено, что совместное использование йода и селена, йода и кремния, а также йода, селена и кремния приводит к усилению биосинтеза аскорбиновой кислоты и уровня общей антиоксидантной активности, в то время как усиление биосинтеза полифенолов характерно для вариантов без использования Силипланта только для одного сортообразца. Выявлена высокая межсортная вариабельность в отклике растений на отдельную и совместную обработку растений йодом, селеном и кремнием, что предполагает необходимость проведения дополнительных исследований для выявления оптимальных условий совместного обогащения растений йодом и селеном.

Об авторах:

Анастасия Ильинична Молдован – м.н.с. лаборатории зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, аспирант, автор для переписки, nastiamoldovan@mail.ru

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

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

Елена Геннадьевна Кекина – кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории применения агрохимических средств в семеноводстве, lena.kekina@mail.ru

Джанлука Карузо – проф., gcaruso@unina.it, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

About the authors:

Anastasia I. Moldovan – Graduate Student, Junior Researcher, laboratory of Selection And Seed Production Of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, Correspondence Author, nastiamoldovan@mail.ru

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

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

Elena G. Kekina – Cand. Sci. (Biology), Researcher laboratories for the use of agrochemicals in seed production, lena.kekina@mail.ru

Gianluca Caruso – Dr. Sci. (Agriculture), gcaruso@unina.it, <https://orcid.org/0000-0001-6981-852X>

• Литература / References

- Hirschi K. D. Nutrient biofortification of food crops. *Annu. Rev. Nutr.* 2009;(29):401-421. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-080508-14114>
- White P. J., Broadley M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 2009;182(1):49-84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x>
- Wu Z., Bañuelos G.S., Lin Z.Q., Liu Y., Yuan L., Yin X., et al. Biofortification and phytoremediation of selenium in China. *Front. Plant Sci.* 2015;(6):136. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00136>
- Ahmed M. Iodine deficiency - way to go yet. *Lancet.* 2008;372(9633):88. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61009-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61009-0)
- Mistry H.D., Broughton Pipkin F., Redman C.W., Poston L. Selenium in reproductive health. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2012;206(1):21-30 <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2011.07.034>
- Winkel L., Johnson C., Lenz M., Grundl T., Leupin O., Amiri M., et al. Environmental selenium research: from microscopic processes to global understanding. *Environ. Sci. Technol.* 2012;(46):571-579. doi: 10.1021/es203434d
- Ros G., van Rotterda A., Bussink D., Bindraban P. Selenium fertilization strategies for bio-fortification of food: an agro-ecosystem approach. *Plant Sci.* 2016;(404):99-112. doi: 10.1007/s11104-016-2830-4
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М., Печатный город. 2006. [Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selenium in nutrition. Plants, animals, human beings. M., Printing town. 2006. (In Russ.)]
- Landini M., Gonzali S., Kiferle C., Tonacchera M., Agretti P., Dimida A., et al. Metabolic engineering of the iodine content in Arabidopsis. *Sci Rep.* 2012;(2):338. <https://doi.org/10.1038/srep00338>
- Ebrahimi N., Hartikainen H., Hajiboland H., Seppanen M. Uptake and remobilization of selenium in Brassica napus L. plants supplied with selenate or selenium-enriched plant residues. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 201; 182(2):196-202. <https://doi.org/10.1002/jpln.201700316>
- Kolbert Z.S., Szóllósi R., Feigl G. Selenium-induced abiotic stress tolerance in plants. *In Plant Tolerance to Environmental Stress Role of Phytoprotectants*; Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Islam, M.T., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2019; 255-270.
- Ghasemi K., Bolandnazar S., Tabatabaei S.J., Pirdashti H., Arzanlou M., Ebrahimzadeh M.A., Fathi H. Antioxidant properties of garlic as affected by selenium and humic acid treatments. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 2015;43(3):173-181. <https://doi.org/10.1080/01140671.2014.991743>
- Madrano-Macias J., Leija-Martinez P., Gonzales-Morales S., Juarez-Maldonado A., Benavides-Mendoza A. Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Front. Plant Sci.* 2016;(7):1146. doi: 10.3389/fpls.2016.01146
- Gonzali S., Kiferle C., Perata, P. Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Curr. Opin. Plant Biotechnol.* 2017;(44):16-26. doi: 10.1016/j.copbio.2016.10.004
- Haghighi M., Ramezani M.R., Rajaii N. Improving oxidative damage, photosynthesis traits, growth and flower dropping of pepper under high temperature stress by selenium. *Mol. Biol. Rep.* 2019;46(1):497-503. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4502-3>
- Golubkina N., Moldovan A., Kekina H., Kharchenko V., Sekara A., Vasileva V., Skrypnik L., Tallarita A., Caruso G. Joint Biofortification of Plants with Iodine and Selenium: A New Field of Discoveries. *Plants.* 2021;10(7):1352. <https://doi.org/10.3390/plants10071352>
- Badawy S.A., Zayed B.A., Bassiouni S.M.A., Mahdi A.H.A., Majrashi A., Ali E.F., Seleiman M.F. Influence of Nano Silicon and Nano Selenium on Root Characters, Growth, Ion Selectivity, Yield, and Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.) under Salinity Conditions. *Plants.* 2021;10(8):1657. <https://doi.org/10.3390/plants10081657>
- Харченко В.А., Молдован А.И., Голубкина Н.А., Гинс М.С., Шафигуллин Д.Р. Сравнительная оценка содержания ряда биологически активных соединений в *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. и садовом кривеле *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. Овощи России. 2020;(5):81-87. [Kharchenko V.A., Moldovan A.I., Golubkina N.A., Gins M.S., Shafigullin D.R. Comparative evaluation of several biologically active compounds content in *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. and *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. *Veg. Crop. Russ.* 2020;(5):81-87]. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-81-87>
- ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт «Корма. Методы определения содержания сухого вещества». ["Feeds. Methods for determination of dry matter content"]
- 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., Инфра-М. 2020. [Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods for their determination. M., Infra-M. 2020. (In Russ.)]
- Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods of Enzymology.* 1987;(148):350-382 doi:10.1016/0076-6879(87)48036-1
- Bradford M.M. A rapid sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-Dye Binding. *Anal Biochem.* 1976;(72):248-254. doi:10.1006/abio.1976.9999
- Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal. Chim. Acta.* 1984;(165):187-194. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)85199-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)85199-5)
- Баранов В.И., Солдатенкова И.А., Кекина Е.Г. Определение йода в морепродуктах методом инверсионной вольтамперометрии. *Гигиена и санитария.* 2008; 3: 87-89. [Baranov V.I., Soldatenkova I.A., Kekina H.G. Iodine determination in marine products using inversion voltamperometry. *Hygiene and Sanitary*, 2008;(3):87-89].
- Golubkina N., Moldovan A., Fedotov M., Kekina H., Kharchenko V., Folmanis G., Alpatov A., Caruso G. Iodine and Selenium Biofortification of Chervil Plants Treated with Silicon Nanoparticles. *Plants.* 2021;10(11):2528. <https://doi.org/10.3390/plants10112528>
- Yao X., Chu J., Wang G. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biol. Trace Elem. Res.* 2009;(130):283-290. DOI 10.1007/s12011-009-8328-7
- Hartikainen H., Xue T. The Promotive Effect of Selenium on Plant Growth as Triggered by Ultraviolet Irradiation. *J. Environ. Qual.* 1999;(28):1372-1375. <https://doi.org/10.2134/jeq1999.00472425002800040043x>
- Dobosy P., Vetési V., Sandil S., Endrédi A., Kröpfli K., Óvári M., Takács T., Rékási M., Záray G. Effect of Irrigation Water Containing Iodine on Plant Physiological Processes and Elemental Concentrations of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivated in Different Soils. *Agronomy.* 2020;10(5):720. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050720>
- Incrocci, L.; Carmassi, G.; Maggini, R.; Poli, C.; Saidov, D.; Tamburini, C.; Kiferle, C.; Perata, P.; Pardossi, A. Iodine Accumulation and Tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) with Green or Purple Leaves Grown in Floating System Technique. *Front. Plant Sci.* 2019;(10):1494. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01494>
- Kiferle C., Martinelli M., Salzano A. M., Gonzali S., Beltrami S., Salvadori P.A., Hora K., Holweder H.T., Scaloni A., Perata P. Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants. *Front. Plant Sci.*, 2021;(12):616868. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.616868>
- Barbosa M.A.M., la Silva M.H.L., Viana G.D.M., Ferreira T. R., de Carvalho Souza C.L.F., Lobato E.M.S.G., da Silva Lobato A.K. Beneficial repercussion of silicon (Si) application on photosynthetic pigments in maize plants. *Aust. J. Crop Sci.* 2015;9(11):1113-1118.
- Salim B.B.M., El-Yazied A.A., Salama Y.A.M., Raza A., Osman H.S. Impact of silicon foliar application in enhancing antioxidants, growth, flowering and yield of squash plants under deficit irrigation condition. *Ann. Agric. Sci.* 2021;66(2):176-183. <https://doi.org/10.1016/j.a0as.2021.12.003>
- Krzepiłko A., Święcilo A., Zych-Żężyk I. The Antioxidant Properties and Biological Quality of Radish Seedlings Biofortified with Iodine. *Agronomy.* 2021;(11):2011. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102011>
- Skrypnik L., Styran T., Savina T., Golubkina N. Effect of Selenium Application and Growth Stage at Harvest on Hydrophilic and Lipophilic Antioxidants in Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta* L. Laterr.). *Plants.* 2021;10(12):2733; <https://doi.org/10.3390/plants10122733>
- Gupta M., Gupta S. An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants. *Front Plant Sci.* 2016;(7):2074. doi: 10.3389/fpls.2016.02074

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-65-71>
УДК 632.488:633.12(571.63)

N.V. Matsishina*, S.A. Borovaya

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

*Correspondence Author:
mnathalie134@gmail.com

Conflict of interest: This article does not contain any studies involving animals or human participants as objects of research. The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

Data availability: The datasets generated during and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on responsible request.

For citations: Matsishina N.V., Borovaya S.A. Fusarium blight of common buckwheat in Primorsky krai. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):65-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-65-71>

Received: 04.11.2021

Accepted for publication: 10.01.2022

Published: 25.04.2022

N.B. Мацшина*, С.А. Боровая

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

*Автор для переписки:
mnathalie134@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Matsishina N.V., Borovaya S.A. Fusarium blight of common buckwheat in Primorsky krai. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):65-71. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-65-71>

Поступила в редакцию: 04.11.2021

Принята к печати: 10.01.2022

Опубликована: 25.04.2022

Fusarium blight of common buckwheat in Primorsky krai



Abstract

Relevance. Common buckwheat is one of the most important cereal and melliferous crops being in demand both in Russia and overseas. Despite the fact that buckwheat has lower susceptibility to infectious diseases in comparisons with other grain and cereal crops, research on its pathogens is a topical issue considering a high disease rate for this crop in Primorsky krai. **Materials and methods.** The study on pathogenic composition was conducted in selective crop rotations of FSBSI "FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki" at the territory of Ussuriysky district in Primorsky krai. Indeterminate (Izumrud, Pri 7, Bashkirsкая krasnostebel'naya) and determinate (Dikul) buckwheat varieties were used for the study. Fungi were isolated from rhizoplane using water washing technique, from soil and rhizosphere via the dilution method, from leaves and root systems by accumulation in a moist chamber with subsequent transfer of culture onto selective medium. Fungal isolates were cultivated on toxigenic medium (Myro) to determine their phytotoxicity. Phytotoxic activity of living cultures was evaluated on potato sucrose agar according to the modified method of Chelkowski and Manka. All experiments were conducted in accordance with established methods.

Results. Culture filtrates of *F. avenaceum* and *F. graminearum* isolates, obtained from different anatomical parts of common buckwheat, were characterized by low toxicity, and culture filtrates of *F. oxysporum* isolate were highly toxic. Phytotoxicity of pathogens manifested itself not only in decrease in laboratory germination ability of buckwheat seeds, but also in inhibition of buckwheat sprout development. It proved that metabolites exerted a prolonged effect on sensitive plants. *F.avenaceum*, *F. oxysporum* and *F. graminearum* have pronounced phytopathogenic and aggressive properties in relation to buckwheat and test-plants in the laboratory conditions. The sum total of their studied phytotoxic properties is convincing enough to consider them potentially hazardous to buckwheat for wilt disease development.

Keyword: buckwheat, fusarium blight, culture filtrates, crops, phytotoxicity, Primorsky krai

Фузариоз гречихи посевной в Приморском крае

Резюме

Актуальность. Гречиха посевная – важная крупяная и медоносная культура, востребованная в России и за рубежом. Несмотря на меньшую степень поражения инфекционными болезнями по сравнению с другими зерновыми и крупяными культурами, исследование патогенов гречихи считается весьма актуальным, учитывая довольно высокую степень поражаемости культуры в Приморском крае.

Материалы и методы. Исследования патогенного состава проводили в селекционных севооборотах ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» на территории Уссурийского района Приморского края. Использовался набор сортов гречихи индетерминантного (Изумруд, При 7, Башкирская красностебельная) и детерминантного (Дикюль) типа развития. Выделение грибов из ризопланы осуществляли методом водных смывов; выделение из почвы и ризосферы – методом разведений; выделение из листьев и корневой системы – методом накопления во влажной камере с последующим переносом культуры на питательную среду. Для определения фитотоксичности изоляты выращивали на токсигенной среде Муго, фитопатогенность живых культур – на КСА по модифицированной методике Челковского и Манки. Все опыты проводились по общепринятым методикам.

Результаты. Культуральные фильтраты выделенных из различных анатомических частей гречихи посевной изолятов *F. avenaceum* и *F. graminearum* оказались слаботоксичными, а изолята *F. oxysporum* – высокотоксичными. Фитотоксическое действие патогенов проявилось не только в ограничении лабораторной всхожести семян гречихи, но и в ингибировании развития её проростков, что свидетельствует о пролонгированном действии метаболитов на чувствительные растения. *F.avenaceum*, *F. oxysporum* и *F. graminearum* обладают выраженными фитопатогенными и агрессивными свойствами в отношении гречихи и тест-растения в лабораторных условиях. По совокупности изученных фитотоксических свойств их следует считать потенциально опасными для возникновения сосудистого увядания гречихи.

Ключевые слова: гречиха, фузариоз, культуральные фильтраты, посева, фитотоксичность, Приморский край

Introduction

Common buckwheat is one of the most important cereal crops used for food in Russia. Caloric and nutritional value of buckwheat along with its high cooking quality makes it one of the best groats [1, 2]. Buckwheat proteins have a greater nutrient value than proteins of other grain crops and are easier to digest. Biological value of buckwheat proteins is significantly higher than the one of other cereals, rice and soybean [3-8]. Set of amino acids in buckwheat is the most complete among other groats, and in respect of the lipid content it loses only to oat and millet groats. A small amount of prolamines and lack of α -gliadin make buckwheat grains a suitable source for gluten-free food products [10, 11]. In addition, buckwheat grain is characterized by high content of unsaturated fatty acids, vitamin E, niacin (vitamin PP), riboflavin (vitamin B2), folic acid, vitamin B6 and thiamine [12-14]. Buckwheat groats are rich in essential macro- and microelements, flavonoids, including rutin, phytosterols and phytoestrogens [15-19].

Buckwheat is an excellent melliferous plant and reserve for useful entomofauna. More than 100 insect species (90 % of them are useful) inhabit buckwheat fields [20, 21]. It is possible to collect up to 5 kg/day of buckwheat honey from one bee-family in adequate moisture conditions. Melliferous capacity of one hectare amounts to 150-200 kg [22-24].

Buckwheat is less susceptible to diseases and pest infestation in comparison with grain crops. Among the most common diseases of buckwheat are late blight, downy mildew, noble rot, *Ascochyta* spot, *Cercospora* blight, bacteriosis and viral diseases [25]. The degree of damage caused by diseases can reach the limit of economic harm in certain years with unfavorable conditions [26]. Diseases and pests of buckwheat in the Far East and Primorsky krai are not thoroughly studied yet. A.V. Kuznetsova, who studied biology and ecology of buckwheat weevil, made some attempts in this regard [27-29]. But they were unsystematic and didn't apply to phytopathogens. Meanwhile, Primorsky krai is situated in the area of risk agriculture where diseases in combination with biotic and abiotic factors inflict significant damage on buckwheat crops resulting in yield decrease. Furthermore, microscopic fungi are presently noted for playing an important role in human pathologies. Moreover, there is a clear tendency of increase in the number of illnesses caused by their toxins [30]. Due to the fact that buckwheat is a valuable cereal crop used as dietetic food, research on its pathogen composition is crucial. All these reasons determined the aim of the work.

Materials and methods

The research was conducted in selective crop rotations of FSBSI "FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki" at the territory of Ussuriysky district in Primorsky krai. The plots formed a part of the southern taiga agricultural area. The objects of the research were rhizosphere soil and leaves of buckwheat, also isolates of the genus *Fusarium* fungi, obtained from rhizosphere and roots of seedlings. Corn seeds of Slavyanka variety and seeds of buckwheat (varieties Izumrud, Pri 7, Dikul and Bashkirskaya krasnostebel'naya) were used as the test-objects for evaluation of phytotoxicity and phytopathogenic activity. Indeterminate buckwheat varieties Izumrud and Pri 7, which were bred in FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki, are attributed to the group of valuable crops with a high grain quality in the Russian Federation. Izumrud Variety is characterized by strong resistance to lodging and grain shedding, also by a high content of protein in grains (13.6%). Pri 7 Variety displays good technological and cereal qualities and has the protein

content of 13-16%. Indeterminate buckwheat variety Bashkirskaya krasnostebel'naya, which was bred in Bashkirskaya SRIA, is valued for its grain quality and has a high content of flavonoids in the above ground biomass, the protein content of 15.4-17.1 %, and considerable resistance to lodging and grain shedding. Determinate variety Dikul (bred in FSBSI "FSC of Legumes and Groat Crops") is included in the list of valuable high-quality varieties and noted for its productivity, an enhanced content of rutin and essential amino acids, resistance to lodging and grain shedding, drought, high temperatures, and for the cereal yield of 72.9%. Plants were cultivated in controlled conditions of a culture room with a 16-hour photoperiod, temperature of 23°C and light intensity of 4 kcal.

The following nutrient media were used for isolation of the genus *Fusarium* fungi from natural objects, preservation of pure culture, identification and experimental research [31-36]:

1. Potato sucrose agar (PSA for isolation, identification and study on phytopathogenic activity), g/l: agar – 20; purified potato – 200; sucrose – 30.4.

2. Starch-and-ammonia agar (SAA for evaluation of growth rate), g/l: soluble starch – 10; $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ – 2; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1; NaCl – 1; CaCO_3 – 3; K_2HPO_4 – 1; agar – 20.5.

3. Basic culture media (BCM for study on vegetative reactions), g/l: sucrose – 30; NaNO_3 – 2; KH_2PO_4 – 1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5; KCl – 0.5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.01; agar – 20; solution of micronutrients – 0.2. Solution of micronutrients, g/95 ml: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 5; $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0.25; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0.05; H_3BO_3 – 0.05; citric acid – 5.

4. Soil extract agar (SEA for induction of chlamydospore formation), g/l: dry soil – 500; agar – 15.

5. Selective agar (SA for isolation from plant tissues), g/l: dextrose – 20.0; yeast extract – 1.0; NaNO_3 – 2.0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1 % solution) – 1 ml; agar – 20.0.

6. Czapek's Agar with sucrose (for isolation, preservation and evaluation of growth rate), g/l: sucrose – 30; NaNO_3 – 3; KH_2PO_4 – 1; $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0.5; KCl – 0.5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.01; agar – 20.

7. Czapek's Agar with glucose (for isolation, preservation and evaluation of growth rate), g/l: glucose – 30.0, NaNO_3 – 3, KH_2PO_4 – 1, $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0.5, KCl – 0.5, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.01, agar – 20.

8. Myro medium (for study on phytotoxicity), g/l: glycerine – 10; sucrose – 20; KH_2PO_4 – 1; NaCl – 0.5; NaNO_3 – 3; $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0.5.

9. SNA Nirenberg medium (for identification), g/l: KNO_3 – 1; KH_2PO_4 – 1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5; KCl – 0.5; glucose – 0.2; sucrose – 0.2; agar – 15. Pieces of sterile filter paper (1-2 cm) are placed on the surface of sterile nutrient medium in a Petri dish to stimulate sporulation.

10. Carnation leaf agar (CLA for identification), g/l: agar – 15-20; Dianthus leaves – 5-6 leaves (fresh leaves are cut into pieces, each 5-10 mm long, sterilized in 70% lab alcohol, dried with sterile filter paper and placed on the surface of cooled medium in Petri dishes).

Fungi were isolated from rhizoplane with the use of the water washing technique, from soil and rhizosphere via the dilution method, from leaves and root systems by accumulation in a moist chamber with subsequent transfer of culture onto selective medium [31, 34-36]. Correct identification of species is possible only in the experiments with monosporous culture. In order to obtain such a culture, spore suspension was prepared in sterile water with the use of either sporodochia and pionots or a mixture of hyphae and conidia. The selected technique allowed to achieve spore quantity that was enough to have 1-10 conidia in the field of vision of the

microscope when the image was magnified 100 times. The suspension was applied with a spreader on the surface of thin-layer water agar (2 %). The Petri dishes were examined through the microscope with transmitted light illumination after 24 hours to find germinated separate conidia of fungi. They were subsequently transferred in sterile conditions onto PDA to promote growth [36, 37]. «*Fusarium* species: an illustrated manual for identification» [34] and «*Fusarium* laboratory manual» [36] were used as the main guide for identification of the genus *Fusarium* fungi. Both micro- and macromorphological traits were evaluated. Morphological traits of mycelium and reproductive structure (forms and structure of macroconidia; structure of conidiophores; presence, forms and distribution of microconidia and chlamydospores; presence and structural peculiarities of mesoconidium) were studied after inoculation onto CLA, SNA Nirenberg medium and soil extract agar. Typical abundant sporulation occurs within 7-14 days on CLA and SNA media. The conidia have standard proportions with low variability. Presence, quantity and distribution pattern of chlamydospores were evaluated on soil extract agar. The Petri dishes with cultures were incubated for 7-28 days with a 12-hour photoperiod at 25-27 °C. Microstructures and peculiarities of conidiogenesis were studied in preparations for vital staining and in microchambers [31] with the help of microscopes Levenhuk D740T (5.3 MP) and ZOE (BioRad), and benchtop scanning electron microscope JCM-7000. Chromogenesis was studied on PSA after 10-14 days of cultivation with a 12-hour photoperiod with evaluation of colony reverse color. Radial growth rate of colonies was determined on the media which contained various sources of carbon nutrition (glucose, sucrose, starch, cellulose) and at different temperatures (8, 18, 28 ± 1 °C) till agar plates were fully encrusted. Mycelial height and diameter were measured in millimeters, density of colonies was evaluated according to 3-point scale (1 point – low, 2 points – average, 3 points – high) [31]. Growth index (GI) was calculated with the use of the formula:

$$GI = \frac{Dhg}{t},$$

where D – diameter, mm; h – height of mycelium, mm; g – density of colony, point; t – age of colony, day.

Radial growth rate (RGR) was calculated with the use of the formula:

$$RGR = \frac{(R_2 - R_1)}{(t_2 - t_1)},$$

where R_2 – radius of colony, mm; R_1 – radius of inoculation spot, mm; t_1 , t_2 – start and end time of cultivation, day.

Fungal isolates were cultivated on toxicogenic medium (Myro) where sporulation was partially repressed and formation of toxins occurred [38]. Buckwheat seeds were soaked in the filtrate of culture fluid for 24 hours at 25 °C. Seeds soaked in sterile water and nutrient medium were used as the control samples. Buckwheat seeds were placed into moist chambers in batches of 20 with five-fold repetition and then left to sprout for 7-14 days at 24-26 °C. Presence of phytotoxic substances in culture fluid was determined by growth effects. Percentage of seed germination, length of sprouts and roots were evaluated in comparison with the control samples. Cultures which repressed germination rate of seeds by 50-100 % were considered highly toxic, the ones which repressed it by 30-50 % were considered moderately toxic, and the cultures which repressed germination rate by 1-30 % were thought to have low toxicity with a statistically significant difference from the control samples (confidence interval is 0.95). Phytotoxic activity of metabo-

lites was determined on corn sprouts (*Zea mays*) of variety Slavyanka with the help of the bioprobe technique. The choice of the research object is explained by its fast germination rate and formation of sprouts with a relatively equal size. Apical growing points and meristems of forty-eight-hour corn sprouts were placed in the filtrate of culture fluid for one hour. The control sprouts were placed onto sterile nutrient medium. After that the sprouts were placed into a moist chamber for 24 hours at 26 °C. Length of the roots of the experimental plants and control samples were measured. [39]. Phytotoxic activity was calculated with the use of the formula:

$$A_{ph} = 100 - \left(\frac{L_x - L_i}{L_r - L_i} \right) \times 100\%,$$

Where A_{ph} – phytotoxic activity of root growth inhibition, %; L_x – mean length of sprout roots of experimental variant after 24 hours, mm; L_r – mean length of roots of the control sample after 24 hours, mm; L_i – initial length of sprout roots, mm.

Phytopathogenic activity of living cultures was evaluated on potato sucrose agar according to the modified method of Chelkowski and Manka [40]. The studied strains were inoculated onto PSA in Petri dishes and cultivated for 5 days at 24±2 °C in the darkness. Buckwheat seeds were sterilized over the surface with 70 % ethanol for 3 minutes and then soaked in sterile water for 24 hours at 24±2 °C to promote swelling. Swollen seeds were placed on the surface of grown fungal culture in batches of 10 with three-fold repetition. Seeds, which were spread over sterile PSA, were used as the control samples. The dishes with fungal cultures and seeds were kept in the darkness at 24±2 °C for 7 days. After that, the length of the germinated sprouts was measured (mm) and the degree of damage was evaluated according to 4-point scale: 0 points – healthy sprout, 1 point – focal necrosis, 2 points – necrotic tissue amounts to 50%, 3 points – death. The soil substrate was sterilized with 0.5% solution of $KMnO_4$ before inoculation. The control seeds were placed into seed boxes while experimental seeds were soaked for 24 hours in the culture fluid of the isolate which was cultivated on toxicogenic medium for 14 days at 26±2 °C. The plants grew under artificial light at 25±2 °C. Germinative energy was evaluated on the fourth day, field germination was estimated on the seventh day after sowing. Length of the above ground biomass and root system of plants, also number of leaves and leaf blade area were measured during the studied period of vegetation. Root systems of all survived plants were analyzed in moist chambers to check for inner infections.

Results and discussion

Pathological effect exerted on plants by the species of the genus *Fusarium* is determined by presence and the degree of manifestation of phytopathogenic factors, which vary significantly among different species and populations. Intraspecific polymorphism of phytopathogenic fungi and influence of edaphoclimatic conditions facilitate natural selection of ecologically flexible and highly pathogenic populations which occupy dominant position within phytopathogenic complex structure and drive out other species with a lower occurrence and weaker pathogenic properties. Fungi of the genus *Fusarium*, having a wide range of adaptive reactions, are able to switch from saprotrophic nutrition to feeding on plant tissues and organs through synthesis of a broad spectrum of bioactive substances, including mycotoxins and phytohormones. The study on intraspecific variability of phytopathogenic properties of natural populations presents an opportunity to evaluate pathogen load of the most common toxicogenic species, forecast *Fusarium* blight epiphytotics and select the most effective

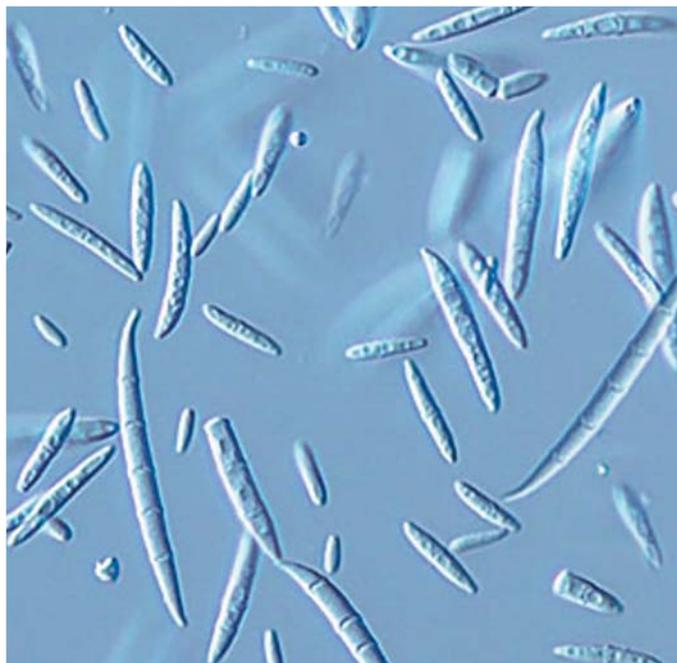
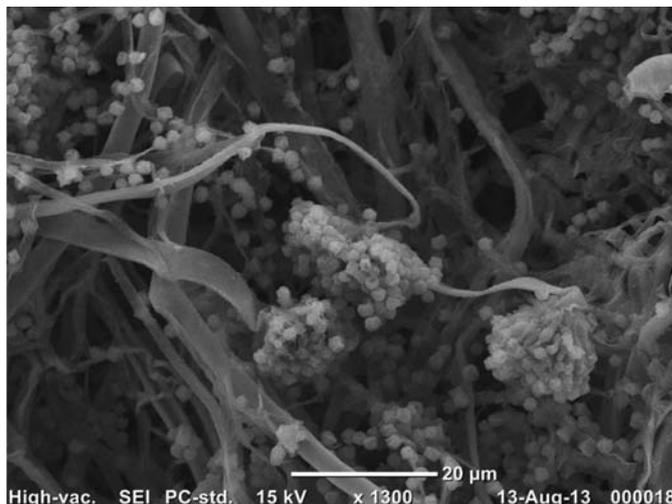
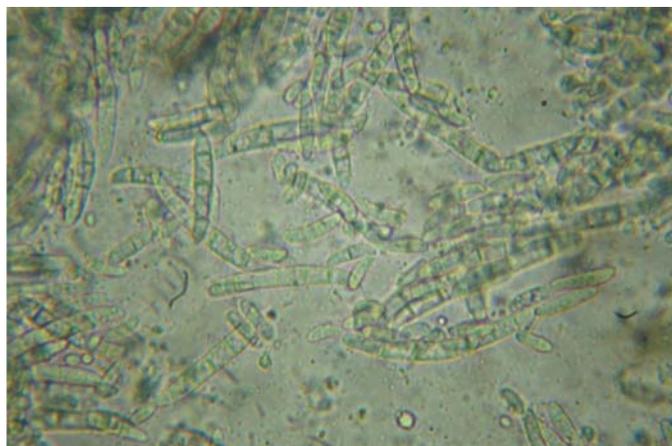


Fig. 1. Macroconidia *F. avenaceum*. 400x, ZOE (BioRad)
Рис. 1. Макроконидии *F. avenaceum*. 400x, ZOE (BioRad)



1



2

Fig. 2. Electron micrograph (x2000) of microconidia (1) in false heads (JCM-7000) and macroconidia (2) (Levenhuk D740T) of *Fusarium oxysporum*.
Рис. 2. Электронная микрофотография (x2000) микроконидий (1) в ложных головках (JCM-7000) и макроконидий (2) (Levenhuk D740T) *Fusarium oxysporum*.



Fig. 3. Macroconidia of *Fusarium graminearum*, 400x, ZOE (BioRad)
Рис. 3. Макроконидии *Fusarium graminearum*, 400x, ZOE (BioRad)

fungicides against toxicogenic and aggressive native strains of phytopathogens.

We obtained 150 isolates on different selective media, which were later identified and attributed to 3 species. *Fusarium oxysporum* Schldl., 1824 and *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., 1886 were isolated from leaves, plant residues and fallen seeds. *Fusarium graminearum* Schwabe, 1839 was found predominantly in root systems and rhizosphere soil. That allows to consider these sources to be their natural infectious reservoir. These results do not reveal information totally unacknowledged before. It is well-known that fungi of the genus *Fusarium* show a high level of specialization, including phylogenetic and organotropic ones [41]. According to our data confirmed by Yu.A. Litovka [42], representatives of the species *F. avenaceum* form multiple macroconidia with the number of septa from 0 to 3, rarely up to 9 (fig. 1). Macroconidia are oval or egg-shaped with zero or 1 internal wall. Chlamidomycespores are scarce in mycelium and conidia of an aging culture. Conidiophores are unbranched or branched poly- and monophialides. Colonies grow fast on PDA and form dense aerial white mycelium whose color changes from light to red-brown. While aging the culture forms orange sporodochia. The color of the colony reverse varies from carmine-red to dark-brown.

Fusarium oxysporum forms multiple and predominantly unicellular macroconidia of oval and budlike shape in false heads. Macroconidia are large, faintly sickle, with thin walls. Conidiophores are unbranched or branched monophialides (fig. 2). The growth is fast on PDA. Aerial mycelium is procumbent and white, but changes its color to purple in time. The colony reverse is also purple.

Fusarium graminearum forms few unicellular microconidia of oval or budlike shape. Macroconidia are formed in great quantity, they are large, cylinder-shaped, with thick walls and parallel dorsal and ventral sides along the length of conidia (fig. 3). Conidiophores are unbranched and branched monophialides. The growth is fast on PDA. Aerial mycelium is diminutive, rarely abundant. In time, multiple sporodochia develop and the surface of colony becomes cream-colored, the colony reverse turns colorless.

During the first stage of the research, we evaluated the influence of metabolites, which were synthesized on toxicogenic medi-

Table 1. Laboratory germination of buckwheat seeds under the influence of isolates of the genus *Fusarium*
Таблица 1. Лабораторная всхожесть семян гречихи под действием метаболитов изолятов рода *Fusarium* (наименьшая существенная разница 0,5)

Isolate	Laboratory germination of seeds, % of the control sample rate			
	Bashkirskaya krasnostebel'naya	Dikul	Izumrud	Pri 7
<i>Fusarium avenaceum</i>	39.8±2.27	24.2±1.63	32.4±2.37	41.4±2.27
<i>Fusarium oxysporum</i>	12.2±2.80	12.4±2.27	12.5±1.63	22.5±2.21
<i>Fusarium graminearum</i>	42.2±1.79	39.8±2.91	41.4±2.80	72.3±2.41

Note: differences are statistically significant at $p < 0.05$; $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively, sample mean differences were assessed at a confidence level of 0.95.

um, exerted on seeds, sprouts and vegetative plants. The study on laboratory germination of buckwheat seeds showed that the level of phytotoxicity of fungal culture fluid varies significantly among varieties (table 1). Germination rate of the control seed samples was considered to be 100 % in the calculations.

According to the classification of Yu.A. Litovka [42] culture filtrates of *F. avenaceum* and *F. graminearum* isolates should be considered to have low toxicity and *F. oxysporum* should be regarded as highly toxic. Phytotoxicity of pathogens manifested itself not only in decrease in laboratory germination ability of buckwheat seeds, but also in inhibition of buckwheat sprout development. It proved that metabolites exerted a prolonged effect on

sensitive plants. It is concluded that in some cases culture filtrates, obtained from isolates, influenced biometrics of sprouts and hampered the development of above and underground parts (fig. 4, 5).

It can be concluded that metabolites of most isolates produce a noticeable phytotoxic effect on seeds and sprouts of majority of studied buckwheat varieties and inhibit germination process and subsequent development of plants in laboratory conditions. Filtrates, obtained after 49-day cultivation of isolates, were used for quantitative evaluation of phytotoxic activity. On toxigenic medium (Myro) where sporulation was partially repressed and synthesis of toxin complex occurred [43]. The study was conducted on forty-eight-hour corn sprouts for the reason that this test-object is

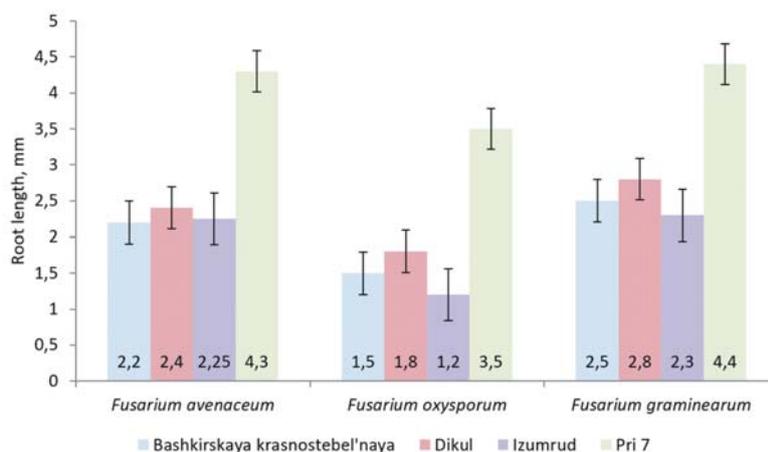


Fig. 4. Influence exerted by culture filtrates of fungal isolates of the genus *Fusarium* on morphometric parameters of buckwheat sprout roots

Рис. 4. Влияние культуральных фильтратов изолятов грибов рода *Fusarium* на морфометрические показатели корня проростков гречихи

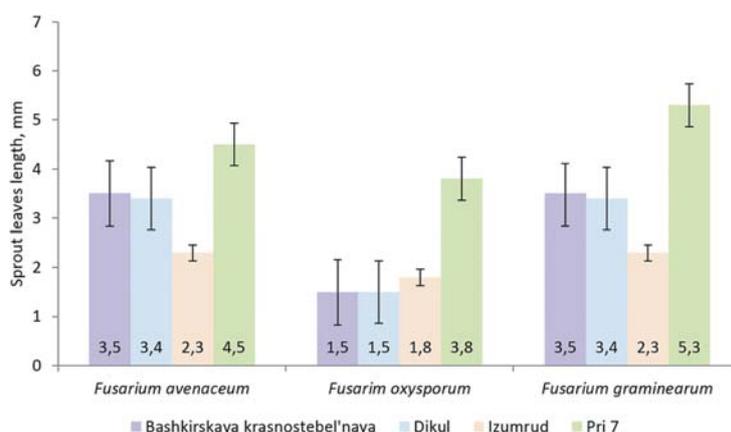


Fig. 5. Influence exerted by culture filtrates of fungal isolates of the genus *Fusarium* on morphometric parameters of buckwheat sprout leaves

Рис. 5. Влияние культуральных фильтратов изолятов грибов рода *Fusarium* на морфометрические показатели листа проростков гречихи

Table 2. Phytotoxic activity of culture filtrates (PACF) of *Fusarium* fungal isolates demonstrated on corn sprouts, %
Таблица 2. Фитотоксическая активность культуральных фильтратов (ФАКФ) изолятов грибов
рода *Fusarium* на проростки кукурузы, %, (наименьшая существенная разница 0,5)

Culture	Parameters	Culture filtrate			Control
		<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	
Zea mays	Mean root length, mm	20.5±0.18	-	-	25±0.18
	PACF on inhibition of roots, %	18.0±1.12	100	100	-

Note: differences are statistically significant at $p < 0.05$; $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively, sample mean differences were assessed at a confidence level of 0.95

the most convenient in terms of both sensitivity to the influence of metabolites and rate of sprouting. It is concluded that all isolates are characterized by high phytotoxic activity (table 2).

It should be noted that similar results have been obtained from the study on phytopathogenic properties of *Fusarium* fungi conducted on buckwheat sprouts. All studied isolates inhibited the development of buckwheat sprouts in comparison with the control sample. The maximum degree of necrotic process observed in tissues of sprouts infected by *F.oxysporum* amounted to 1.6 points. 44 % of sprouts had the degree of necrosis equal to 0.9-1.6 points according to 3-point scale. In general, the conducted study showed that *F.avenaceum*, *F. oxysporum* and *F. graminearum* had pronounced phytopathogenic and aggressive properties in relation to buckwheat and test-plants in the laboratory condition. It means that they can pose a threat of infectious focus development and epiphytotics in unfavorable conditions. The total sum of their studied phytotoxic properties is convincing enough to consider them potentially hazardous to buckwheat for wilt disease development because species of the genus *Fusarium* are characterized by a wide range of adaptive reactions. It is known that representatives of the genus *Fusarium* can synthesize a wide spectrum of enzymes and are active mineralization agents of organic compounds and thereby being able to colonize various substrates [44]. They show a high level of phylogenetic specialization, are not strictly limited by the geographic range of their host-plant and have different environmental needs [45]. The conducted research is preliminary to the study on living cultures and metabolites of some isolates of the genus *Fusarium* fungi for creation of resistant buckwheat varieties with the cell selection method.

Об авторах:

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

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

Conclusions

1. Isolates of *Fusarium oxysporum* Schldl., 1824 and *Fusarium avenaceum* (Fr.), Sacc., 1886 and *Fusarium graminearum* Schwabe, 1839 were obtained from buckwheat leaves, seeds and rhizosphere in the course of our research. Their morphological traits corresponded with the ones described in literature.

2. Culture filtrates of *F. avenaceum* and *F. graminearum* isolates should be considered to have low toxicity, and filtrates of *F. oxysporum* isolate should be regarded as highly toxic. Phytotoxicity of pathogens manifested itself not only in decrease of laboratory germination ability of buckwheat seeds, but also in inhibition of buckwheat sprout development. It proved that metabolites exerted a prolonged effect on sensitive plants.

3. All studied isolates inhibited the development of buckwheat sprouts in comparison with the control sample. The maximum degree of necrotic process observed in tissues of sprouts infected by *F.oxysporum* amounted to 1.6 points. 44 % of sprouts had the degree of necrosis equal to 0.9-1.6 points according to 3-point scale.

4. The conducted study showed that *F.avenaceum*, *F. oxysporum* and *F. graminearum* had pronounced phytopathogenic and aggressive properties in relation to buckwheat and test-plants in the laboratory condition. It means that they can pose a threat of infectious focus development and epiphytotics in favorable for them conditions. The total sum of their studied phytotoxic properties is convincing enough to consider them potentially hazardous to buckwheat for wilt disease development.

About the authors:

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

Svetlana A. Borovaya – Postgraduate Student, Researcher at the laboratory of breeding and genetic research of field crops, borovayasveta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7440-5129>

Литература

- Varlakhova L., Bobkov S., Zotikov V., Mikhailova I. Grain qualities of Russian buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) varieties. *The Proceedings of Papers. 12th International Symposium on Buckwheat, August 21-25. Laško. 2013*:181-182.
- Kreft I. Comparison of buckwheat bread products with the bread from other alternative sources. *Fagopyrum*. 2010;(27):41-46.
- Dziedzic K., Gorecka D., Kobus-Cisowska J., Jessika M. Możliwość wykorzystania gryki w produkcji żywności funkcjonalnej. *Nauka Przyroda Technologia*. 2010;4(2):1-7.
- Zhang L., Li Z. Functional characteristics of traditional buckwheat product. *Chinese cereals and oils*. 2009;24(3):53-57.
- Bonafaccia G., Marocchini M., Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran in common and Tartary buckwheat. *Food Chem*. 2003;80(1):9-15. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00228-5
- Li S., Zhang G.H. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2001;41(6):451-464. DOI:10.1080/20014091091887

- Podolska G. The effect of habitat conditions and agrotechnical factors on the nutritional value of buckwheat. Zhou M., Kreft I., Woo S.-H., Chrungoo N., Wieslander G. (eds.) *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. 2016;22:283-297. DOI:10.1016/B978-0-12-803692-1.00022-5
- Lee J., Jiang W., Qiao Y., Cho Y.I., Woo M.O., Chin J.H., Kwon S.W., Hong S.S., Choi I.Y., Koh H.J. Shotgun proteomic analysis for detecting differentially expressed proteins in the reduced culm number rice. *Proteomics*. 2011;11(3):455-468. DOI:10.1002/pmic.201000077
- Сепкова П., Dvoracek V. Seed protein polymorphism of four common buckwheat varieties registered in the Czech Republic. *Fagopyrum*. 2006;23:17-22.
- Петрова Н.А., Иванченко О.Б. Нетрадиционное низкоглютеновое сырье в технологиях специальных сортов пива. *Пиво и напитки*. 2008;6:38-41.
- Wijngaard H.H., Arendt E.K. Optimization of a mashing program for 100% malted buckwheat. *J. institute of Brewing*. 2006;112(1):57-65. DOI:10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x
- Steadman K.J., Burgoon M.S., Lewis B.A., Edwardson S.E., Obendorf

- R.L. Buckwheat seed milling fraction: description, macronutrient composition and dietary fiber. *J. Cereal Sci.* 2001;33(3):271-278. DOI:10.1006/jcrs.2001.0366
13. Павловская Н.Е., Горькова И.В., Гагарина И.Н., Гнеушева И.А., Гагарина А.Ю. Технология создания биологически активных добавок для животноводства. *Вестник ОрелГАУ.* 2011;(6):29-32.
 14. Guo X., Ma Y., Parry J., Gao J., Yu L., Wang M. Phenolics content and antioxidant activity of buckwheat from different locations. *Molecules.* 2011;(16):9850-9867. DOI: 10.3390 / molecules 16129850
 15. Ikeda S., Kreft I., Asami Y., Mochida N., Ikeda K. Nutrition educational aspects of the utilization of some buckwheat foods. *Fagopyrum.* 2008;(25):57-64.
 16. Ikeda S., Yamashita Y., Tomura K., Kreft I. Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. *Fagopyrum.* 2006;(23):61-65.
 17. Campbell C.G. Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. *Rome-Gatersleben: IPGRI.* 1997.
 18. Kreft S., Strukelj B., Gaberscik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *J. Exp. Bot.* 2002;53(375):1801-1804. DOI: 10.1093/jxb/erf032
 19. Zhang L., Li Z. Functional characteristics of traditional buckwheat product. *Chinese cereals and oils.* 2009;24(3):53-57.
 20. Куликов Н.И., Наумкин В.П. Насекомые на цветках гречихи. Сборник научных трудов по пчеловодству. Орел, 1999;(3):63-67
 21. Парахин Н.В. Гречиха: биологические возможности и пути их реализации. *Вестник ОрелГАУ.* 2010;4 (25):4-8.
 22. Marshall H.G., Pomeranz Y. Buckwheat: Description, breeding, production and utilization. Pomeranz Y. (ed.) *Advances in Cereal Science and Technology.* St. Paul, Minnesota : *American Association of Cereal Chemists Incorporated.* 1982;(5):157-210.
 23. Мартынов А.И. Слагаемые урожая. *Пчеловодство.* 1984;(6):9-10.
 24. Мартынов С.П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур. *Сельскохозяйственная биология.* 1989;3:124-128
 25. Чудаков Н. Гречиха: увеличение урожайности при минимуме затрат. *Аграрное обозрение.* 2016;3(55) 56-59.
 26. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. [Интернет-версия 2.0] 2008. URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 20.09.2021).
 27. Потемкина В.И., Кузнецова А.В., Лелей А.С., Коротяев Ю.А., Тимошин Р.В. Гречишный долгоносик – опасный вредитель гречихи в Приморском крае. *Защита и карантин растений.* 2008;(6):38.
 28. Кузнецова А.В., Клыков А.Г. Оценка сортов гречихи на поврежденность гречишным долгоносиком в условиях Приморского края. *Зерновое хозяйство России.* 2015;(3):37-40.
 29. Кузнецова А.В., Клыков А.Г. Биология гречишного долгоносика (*Rhinoncus sibiricus* Faust, 1893) в Приморском крае. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки.* 2014;26(3(174)):58-61.
 30. Хайруллин Р.М., Кутлубердина Д.Р. Распространенность грибов рода *Fusarium* в зерне яровой пшеницы в южной лесостепи Республики Башкортостан. *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2008;(12):32-36.
 31. Методы экспериментальной микологии. Под ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка. 1982. 550 с.
 32. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 303 с.
 33. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Академия. 2005. 608 с.
 34. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. *Fusarium* species: an illustrated manual for identifications. *Pennsylvania State University Press;* 1983.
 35. Singleton L.L., Mihail J.D., Rush C.M. (eds). *Methods for research on soil borne phytopathogenic fungi.* St. Paul, Minnesota: APS Press; 1992.
 36. Leslie J.F., Summerell B.A. *The Fusarium laboratory manual.* USA: Blackwell Publishing; 2006.
 37. Гагкаева Т.Ю., Ганибал Ф.Б., Гаврилова О.П. Зараженность зерна пшеницы грибами *Fusarium* и *Alternaria* на юге России в 2010 году. *Защита и карантин растений.* 2012;(1):37-41.
 38. Greenhalgh R., Levandier D. Adams W., Miller J.D., Blackwell B.A., McAlees A.J., Taylor A. Production and characterization of deoxynivalenol and other secondary metabolites of *Fusarium culmorum* (CMI 14764, HLX 1503). *Journal agriculture food chemistry.* 1986;34(1):98-102.
 39. Билай В.И. Фузариум. Киев: Наукова думка. 1977. 443 с.
 40. Соколова Г.Д. Клональная изменчивость токсигенности и вегетативная совместимость *Fusarium graminearum*. *Микология и фитопатология.* 2000;34(2):63-66.
 41. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2011;(5):70-112.
 42. Литовка Ю.А. Видовой состав и представленность грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах (пшеница и ячмень), выращиваемых в условиях Средней Сибири. *Вестник КрасГАУ.* 2017;6(129):140-149.
 43. Goyal S., Ramawat K.G., Mérillon J.M. Different shades of fungal metabolites: An overview. *Fungal metabolites.* 2016:1-29. DOI: 10.1007/978-3-319-19456-1_34-1
 44. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Нефедова Л.И. Биоэкологические и фитосанитарные аспекты исследования фузариоза колоса. *Микология и фитопатология.* 1997;31(2):58-63.
 45. Левитин М.М., Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Нестеров А.Н., Гагкаева Т.Ю., Поторочина И.Г., Афанасьева О.Б. Возбудители фузариоза колоса зерновых культур и форм проявления болезни на северо-западе России. *Микология и фитопатология.* 1994;28(3):58-64.
- **References (In Russ.)**
10. Petrova N.A., Ivanchenko O.B. Non-traditional low-gluten raw material in technologies of speciality beers Beer and beverages. 2006;(6):38-41. (In Russ.)
 13. Pavlovskaya N.E., Gor'kova I.V., Gagarina I.N., Gneusheva I.A., Gagarina A.YU. Technology for development of biologically active food supplements for animal agriculture. *Vestnik OreIGAУ.* 2011;(6):29-32. (In Russ.)
 20. Kulikov N.I., Naumkin V.P. Insects on buckwheat flowers. *Sbornik nauchnykh trudov po pchelovodstvu. OreI.* 1999;(3):63-67. (In Russ.)
 21. Parakhin N.V. Buckwheat: biological capabilities and ways of their implementation. *Vestnik OreIGAУ.* 2010;4(25):4-8. (In Russ.)
 23. Martynov A.I. Harvest components. *Pchelovodstvo.* 1984;(6):9-10. (In Russ.)
 24. Martynov S.P. Assessment of the environmental plasticity of crop cultivars. *Agricultural Biology.* 1989;(3):124-128. (In Russ.)
 25. Chudakov N. Buckwheat: increasing yields with a minimum of costs. *Agrarnoe obozrenie.* 2016;3(55):56-59. (In Russ.)
 26. Afonin A.N., Green S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. Agroecological atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds. Available from: <http://www.agroatlas.ru> [Accessed 20 September 2021]
 27. Potemkina V.I., Kuznetsova A.V., Lelai A.S., Korotyaev Yu.A., Timoshin R.V. Buckwheat weevil (*Rhinoncus sibiricus* Faust) – dangerous pest of buckwheat in Primorsky krai. *Plant protection and quarantine.* 2008;(6):38. (In Russ.)
 28. Kuznetsova A.V., Klykov A.G. Assessment of weevil damage degree of buckwheat varieties in Primorsky krai. *Grain economy of Russia.* 2015;(3):37-40. (In Russ.)
 29. Kuznetsova A.V., Klykov A.G. Biology of buckwheat weevil (*Rhinoncus sibiricus* Faust, 1893) in Primorsky krai. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences.* 2014;26(3(174)):58-61. (In Russ.)
 30. Khairullin R.M., Kutluberdina D.R. Occurrence of the genus *Fusarium* fungi in summer wheat grain in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Vestnik of the Orenburg State University.* 2008;(12):32-36. (In Russ.)
 31. Bilai V.I. (ed.) *Methods of experimental mycology.* Kyiv: Naukova dumka; 1982 (In Russ.)
 32. Zvyagintsev D.G. (ed.) *Methods of soil microbiology and biochemistry.* Moscow: Izdatel'stvo MGU; 1991 (In Russ.)
 33. Netrusov A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. *Practical course on microbiology.* Moscow: Akademiya; 2005 (In Russ.)
 37. Gagkaeva T.YU., Gannibal F.B., Gavrilova O.P. Infestation of wheat grain with fungi of the genus *Fusarium* and genus *Alternaria* in southern Russia in 2010. *Plant protection and quarantine.* 2012;(1):37-41. (In Russ.)
 39. Bilai V.I. *Fusarium fungi.* Kyiv: Naukova dumka; 1977. (In Russ.)
 40. Sokolova G.D. Clonal variation of toxigenicity and vegetative compatibility of *Fusarium graminearum*. *Mycology and Phytopathology.* 2000;34(2):63-66. (In Russ.)
 41. Gagkaeva T.YU., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V. *Fusarium* blight of grain crops. *Plant protection and quarantine. Suppl.* 2011;(5):70-112. (In Russ.)
 42. Litovka Yu.A. Species composition and representative occurrence of the genus *Fusarium* fungi on grain crops (wheat and barley) cultivated in the conditions of Central Siberia. *Bulletin of KSAU.* 2017;6(129):140-149. (In Russ.)
 44. Ivashchenko V.G., Shipilova N.P., Nefedova L.I. Bioecological and phytosanitary aspects of research on *Fusarium* head blight. *Mycology and Phytopathology.* 1997;31(2):58-63. (In Russ.)
 45. Levitin M.M., Ivashchenko V.G., Shipilova N.P., Nesterov A.N., Gagkaeva T.YU., Potorochina I.G., Afanas'eva O.B. *Fusarium* head blight pathogens of grain crops and manifestations of the disease in northwestern Russia. *Mycology and Phytopathology.* 1994;28(3):58-64. (In Russ.)

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-72-87>
УДК 632.51:635.1/.7

А.В. Солдатенко¹, А.М. Меньших²,
А.Ю. Федосов², И.И. Ирков²,
М.И. Иванова^{2*}

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

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

*Автор для переписки: ivanova_170@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Солдатенко А.В., Меньших А.М., Федосов А.Ю., Ирков И.И., Иванова М.И. Повышение конкурентоспособности овощных культур к сорным растениям посредством совершенствования методов борьбы. *Овощи России*. 2022;(2):72-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-72-87>

Поступила в редакцию: 02.02.2022

Принята к печати: 20.03.2022

Опубликована: 25.04.2022

Alexey V. Soldatenko¹, Alexander M. Menshich²,
Alexander Yu. Fedosov², Ivan I. Irkov²,
Maria I. Ivanova²

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

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

*Correspondence Author: ivanova_170@mail.ru

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

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Soldatenko A.V., Menshich A.M., Fedosov A.Yu., Irkov I.I., Ivanova M.I. Increasing the competitiveness of vegetable crops to weeds by improving control methods. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):72-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-72-87>

Received: 02.02.2022

Accepted for publication: 20.03.2022

Published: 25.04.2022

Повышение конкурентоспособности овощных культур к сорным растениям посредством совершенствования методов борьбы



Резюме

Сорные растения являются основной угрозой в растениеводстве, и борьба с ними в современном сельском хозяйстве имеет решающее значение для предотвращения потерь урожая и обеспечения продовольственной безопасности. Интенсивные методы ведения сельского хозяйства, изменение климата и стихийные бедствия влияют на динамику сорняков, что требует изменения методов борьбы с ними. Существующие способы больше не жизнеспособны из-за нехватки рабочей силы; методы химического контроля ограничены опасностями для здоровья и развитием устойчивости к гербицидам у сорных растений. В настоящей статье рассмотрены некоторые потенциальные альтернативные стратегии борьбы с сорняками в современном овощеводстве, которые осуществимы и эффективны. Повышение конкурентоспособности овощных культур посредством надлежащего планирования системы агротехнологий, профилактических, культурных и механических методов, создания конкурентоспособных сортов, аллелопатии, биологического контроля и снижение семенной продуктивности сорных растений при сборе урожая будет основным аспектом в устойчивом управлении сорняками. Улучшение режимов обработки почвы издавна считалось основной мерой борьбы с сорняками. Контроль семенной продуктивности сорных растений и их вредоносность были показаны как потенциальные инструменты для снижения всхожести семян сорняков и их сохранности в почве. Развитие аллелопатии привело к появлению новых методов борьбы с сорняками. Использование аллелопатического потенциала сельскохозяйственных культур также заслуживает упоминания в современных способах борьбы с сорняками. Термическая борьба с сорняками рассматривается в качестве полезного метода. Подчеркнута роль биогербицидов, как неотъемлемой части устойчивого управления сорняками. Все эти стратегии жизнеспособны для современного сельского хозяйства; однако, выбор конкретного способа и использование правильных комбинаций будет ключом к успеху. Ни одна стратегия не является идеальной, и поэтому комплексный подход может обеспечить лучшие результаты. Принятие таких методов может повысить эффективность систем земледелия в условиях устойчивого сельского хозяйства. Описан комплексный метод защиты овощных культур от сорных растений и пути снижения потенциальной засоренности полей семенами и всходами сорняков. Приведены оптимальные нормы и технологические особенности, условия эффективного применения современных гербицидов на посевах и посадках овощных культур.

Ключевые слова: сорняки, способы борьбы, овощные культуры, засоренность, гербициды, эффективность, методы контроля

Increasing the competitiveness of vegetable crops to weeds by improving control methods

Abstract

Weeds are a major threat in crop production, and controlling them in modern agriculture is critical to preventing crop losses and ensuring food security. Intensive farming practices, climate change and natural disasters affect weed dynamics, requiring a change in management practices. Existing methods are no longer viable due to lack of manpower; chemical control methods are limited by health hazards and the development of herbicide resistance in weeds. This article discusses some potential alternative weed control strategies in modern vegetable production that are feasible and effective. Increasing the competitiveness of vegetable crops through proper planning of agrotechnologies system, preventive, cultural and mechanical methods, development of competitive varieties, allelopathy, biological control and reduction of weed seed production at harvest will be a major aspect in sustainable weed management. Improving tillage regimes has long been considered the main measure of weed control. Control of weed seed production and weed injuriousness have been shown as potential tools to reduce weed seed germination and retention in the soil. The development of allelopathy has led to the emergence of new methods of weed control. The use of the allelopathic potential of crops also deserves mention in modern weed control methods. Thermal weed control is seen as a useful method. The role of bioherbicides as an integral part of sustainable weed management is emphasized. All of these strategies are viable for modern agriculture; however, choosing a specific method and using the right combinations will be the key to success. No strategy is perfect, and therefore an integrated approach can provide the best results. The adoption of such practices can improve the efficiency of farming systems in sustainable agriculture. A comprehensive method for protecting vegetable crops from weeds and ways to reduce the potential contamination of fields with seeds and weed seedlings are described. The optimal norms and technological features, conditions for the effective use of modern herbicides on crops and plantings of vegetable crops are given.

Keywords: weeds, methods of control, vegetable crops, weediness, herbicides, efficiency, control methods

Одной из основных проблем, с которыми сталкивается сельскохозяйственный сектор в 21-м веке, является производство достаточного количества продовольствия, чтобы удовлетворить возрастающие потребности быстро растущего населения при сохранении экосистемы и защите социально-экономического благополучия производителей продуктов питания и сельских общин [1].

В сельскохозяйственных системах конкуренция со стороны сорной растительности является одним из основных факторов, снижающих урожайность полевых культур, в том числе и овощных. По оценкам, ежегодные потери от сорняков во всем мире составляют примерно 10-15% [2]. Как правило, увеличение на 1 кг массы сорняков соответствует сокращению на 1 кг урожая культурных растений [3]. Каждый 0,19 кг сухого вещества сорняков приводит к потере 1 кг товарного урожая лука репчатого при выносе из почвы с урожаем 36,9, 9,6 и 57,0 кг/акр N, P и K соответственно [4]. Если бы все сорняки в посевах сельскохозяйственных культур были под контролем, текущее мировое производство продовольствия было бы выше на 10-25% [3].

Сорняки наносят ущерб сельскохозяйственным культурам из-за конкуренции за свет, воду и питательные вещества, что приводит к значительной потере урожая и снижению урожайности [5]. Кроме того, сорные растения ухудшают качество урожая, засоряют водные пути, вызывают проблемы со здоровьем у людей. При этом затраты на уничтожение сорняков огромны [6]. Ручная прополка является трудоемкой и поэтому ограничивает производственные площади [7]. Сорняки являются резервуарами насекомых и патогенных микроорганизмов, создавая дополнительные сложности для борьбы с ними.

В Российской Федерации 65-75% полей засорены в сильной и средней степени, а потери урожая овощных культур от сорняков достигают 20-30% [8]. Первостепенное значение для решения этой проблемы является эффективный контроль над сорняками.

Стратегии борьбы с сорной растительностью

В свете экологических и токсикологических проблем, создаваемых гербицидами, возникла необходимость в разработке методов безопасности для борьбы с сорняками на овощных культурах [9].

На практике стратегии борьбы с сорняками должны включать косвенные (предсезонное планирование и профилактические меры) и прямые (агронимические, механические, биологические и химические) методы. Первая категория включает в себя любой метод, использованный до посева культуры, а вторая - любые методы, применяемые во время вегетации культуры. Методы в обеих категориях могут влиять либо на плотность сорняков (т.е. количество сорняков на единицу площади), и / или на развитие сорняков (наращивание биомассы и почвенный покров). Косвенные методы направлены главным образом на уменьшение числа сорных растений, появляющихся на посевах культуры, прямые методы - на повышение конкурентоспособности овощных культур против сорняков.

В следующих разделах мы обсудим различные способы практического внедрения устойчивых методов борьбы с сорняками на овощных культурах.

I. Агронимическая практика в борьбе с сорняками

Культурная практика в борьбе с сорняками, такая как критический период конкуренции сорняков, выращивание

промежуточных культур, плотность растений, внесение удобрений, покровные культуры, севооборот и другие агронимические методы, играют важную роль и успешно используются для борьбы с сорняками на овощных культурах. Они изменяют закономерности роста овощных культур и динамику конкуренции сорняков, и, следовательно, их необходимо исследовать для развития устойчивого управления сорняками.

Севооборот

Севооборот может помочь в борьбе с сорняками, обеспечения почв питательными веществами, уменьшении эрозии почвы. Хотя в последние несколько десятилетий многие фермеры игнорировали его преимущества с точки зрения урожайности, в настоящее время очевидно, что севооборот увеличивает урожайность и что эта практика крайне важна для устойчивых сельскохозяйственных систем [10]. Чередование культур в севообороте определяет выбор гербицидов, а севооборот и гербицид могут взаимодействовать, воздействуя на виды сорняков [11]. Севооборот снижает распространение новых видов сорняков на полях, а также повышает эффективность борьбы с сорняками в сочетании с другими методами [12,13]. Севооборот становится более эффективным, когда семена сорняков с соседнего участка не попадают в поле севооборота [14]. Широколистные культуры, чередующиеся со злаковыми, а также культуры с различной агротехнологией могут снизить плотность запасов семян сорняков.

Разнообразные севообороты имеют тенденцию уменьшать развитие большинства основных видов сорняков, предлагая разное время сева и сбора урожая, разные жизненные циклы и возможности для борьбы с сорняками [15]. Манипулирование сроками посева требует понимания динамики роста сорняков и влияния факторов, связанных с культурой и почвой [16]. За прошедшее столетие видовой состав сорняков изменился, и в зависимости от методов борьбы с ними численность видов увеличивается или уменьшается [11]. Запас семян сорняков может отражать состояние их популяции в настоящем и прошлом и может рассматриваться как индикатор воздействия на почву и растения [17]. Но успех севооборота для подавления сорняков основан на использовании чередовании культур [18].

Введение в севооборот культур сплошного сева: многолетних трав и особенно занятого пара (сложные смеси однолетних трав) снижает репродуктивную способность сорняков и способствует уменьшению их запасов в почве.

В условиях Нечерноземной зоны осуществление агротехнических мероприятий по борьбе с сорняками в овощекормовых севооборотах ограничено коротким послеуборочным периодом. Насыщение севооборотов культурами с продолжительным периодом вегетации способствует повышению засоренности полей. Борьба с сорняками значительно облегчается при правильном чередовании многолетних трав, озимых зерновых, пропашных и овощных культур. В севооборотах такого типа имеется больше возможностей для уничтожения сорняков, специализирующихся на засорении посевов определенных сельскохозяйственных культур. Севооборот способствует и равномерному чередованию применяемых гербицидов, обладающих различным механизмом и спектром последствий, в результате предотвращается накопление и распространение устойчивых к ним сорных растений.

Поэтому без научно-обоснованных севооборотов, при случайном размещении культур, невозможно осуществить комплексную систему борьбы с сорняками.

Еще до начала освоения севооборота необходимо изучить видовой состав сорняков, наиболее распространенных в посевах основных сельскохозяйственных культур, составить карту засоренности полей, подготовить ротационную таблицу с указанием на каких полях и когда намечаются те или иные мероприятия по борьбе с сорняками.

На овощных полях Нечерноземной зоны широко распространены однолетние сорняки: марь белая (*Chenopodium album* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), горец почечуйный (*Polygonum persicaria* L.), крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris* L.), галинсога многоцветковая (*Galinsoga parviflora* Cav.), паслен черный (*Solanum nigrum* L.), осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.), яснотка стеблеобъемлющая (*Lamium amplexicaule* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), капуста полевая (*Brassica campestris* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.) и др. Чаще куртинами встречаются многолетние виды: бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), осот желтый (*Hieracium arvense* (L.) Scop.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), а также пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski), мята полевая (*Mentha arvensis* L.), горец земноводный (*Persicaria amphibia* (L.) Delarbre), чистец болотный (*Stachys palustris* L.).

Изучение динамики появления сорных растений в овоще-кормовом севообороте в условиях Московской области показало, что основная их часть (50-75%) прорастает в течение первых 3-4 недель после посева (посадки) овощных культур. Благодаря провокации их прорастания можно уничтожить часть всходов сорняков предпосевными (предпосадочными) культивациями и значительно снизить потенциальную засоренность посевов, облегчить

борьбу с сорняками в период вегетации культур.

Большинство овощных культур весеннего сева медленно всходят и слабо растут в начале вегетации. Очень важно хорошо защищать их от сорняков в течение 30-50 дней от появления всходов (период наиболее напряженных конкурентных отношений).

Покровные культуры

Покровные культуры выращивают с целью поддержания устойчивости агроэкосистемы. Они способствуют уменьшению эрозии почвы [19], увеличению органического вещества почвы и азот [20], улучшению фильтрации воды, снижению действия сорняков и уменьшению запаса семян сорных растений, оказывая минимальное влияние на урожайность [21]. Покровные культуры с аллелопатическим потенциалом могут подавлять сорняки. Среди наиболее важных покровных культур – рапс, озимая рожь, клевер розовый, клевер красный, пшеница, горчица белая, овес, вигна, редька кормовая, райграс однолетний, горчица, гречиха, вика волосатая. Наблюдения на производственных полях и результаты научных исследований показали, что выброс аллелохимикатов из аллелопатических покровных культур и их физическое воздействие были ответственны за подавление сорняков на консервационных полях органических ферм [22]. Наряду с подавлением сорняков покровные культуры также улучшают удержание влаги в почве, плодородие почвы и повышают урожайность [23]. Смеси покровных культур оказались более эффективными для подавления сорняков по сравнению с одной покровной культурой (табл.). Haramoto и Gallandt (2004) исследовали роль покровных культур Brassica, включая белую горчицу и рапс, для подавления сорняков в сельскохозяйственных системах [24]. Кроме того, покровные культуры могут также уменьшить запас семян сорняков в системах консервации. Например, покровные посевы вики волосистой и овса эффективно сокращают запас семян (30-70%) сорняков, включая *Datura stramonium* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Amaranthus retroflexus* L. и *Eleusine indica* (L.) Gaertn. в верхнем слое почвы [25].

Таблица. Влияние растительных остатков покровной культуры и живой мульчи на подавление сорняков на разных фазах развития [26]
Table. Effect of cover crop residues and live cover crops on weed control at different stages of the life cycle [26]

Фаза развития сорняка Weed life cycle stage	Подавление сорняков Weed control	
	после растительных остатков покровной культуры with cover culture residues	при живой мульче with live cover culture
Прорастание Germination	умеренное	высокое
Стадия семядольных листочков Cotyledonous leaf stage	умеренное	высокое
Рост и развитие Growth and development	низкое	высокий
Формирование семян Seed formation	низкое	умеренное
Жизнеспособность семян Seed survival	нет	умеренное
Продолжительность сохранения всхожести Duration of long-term survival	нет	низко умеренное

Когда покровные культуры используют в качестве мульчи (т.е. их оставляют разлагаться на поверхности почвы), подавление сорняков, по-видимому, в основном является результатом физического воздействия мульчи, а не питательного или аллелохимического воздействия. В частности, подавление сорняков напрямую связано с индексом площади мульчи (площадь мульчи, деленная на площадь единицы почвы), которая влияет на проницаемость света через мульчу и, следовательно, на прорастание семян сорняков. Виды мелкосемянных сорных растений более чувствительны, чем крупносемянные, к мульчированию, физическим воздействиям, а также к аллелопатии [27]. Своевременный посев покровных культур очень важен для повышения производства биомассы и, следовательно, для увеличения их потенциала подавления сорняков. Покровные культуры могут также взаимодействовать с другой биотой; например, они способствуют созданию везикулярно-арбускулярных микориз, которые, в свою очередь, могут изменять состав флоры сорняков, отдавая предпочтение видам микоризных растений в ущерб немикоризным видам [28].

Некоторое время живая мульча снижает урожайность, что вероятно вызвано конкуренцией за свет, воду и питательные вещества между живой мульчей и основной культурой [29]. Показано, что плотность растений является основным фактором, который меняет результаты конкуренции в сообществе растений [30]. В некоторых случаях увеличение плотности растений приводит к более быстрому закрытию полога и усилению подавления сорняков, что приводит к увеличению урожайности [31].

Живая мульча подавляет сорняки, снижая использование ресурсов для роста и изменяя факторы окружающей среды, которые влияют на всхожесть семян и развитие сорняков, и в конечном итоге могут привести к снижению применения гербицидов [31]. Она также может подавлять сорняки с помощью аллелопатии, в результате чего алкалоиды высвобождаются как из корней, так и из листьев живых растений. Но эффективность больше всего зависит от степени покрытия почвы (>50%), при этом наиболее важным эффектом является затенение [32]. Максимальная эффективность живой мульчи достигается благодаря быстрому заполнению открытого пространства между основными рядами культур, предотвращая прорастание семян сорняков и уменьшая их рост и развитие. Прорастание семян сорняков может быть замедлено либо полным затенением покровной культурой, либо аллелохимической секрецией. После появления всходов сорняков конкуренция за ресурсы становится основным механизмом подавления сорняков живой мульчей (покровных культур) [33].

Стимулирование прорастания семян сорняков

Этот метод включает в себя подготовку семенного ложа за несколько недель до посева, чтобы стимулировать прорастание семян сорняков, тем самым уменьшая их количество, которые могут повлиять на урожай. Необходимы влажные условия для стимулирования прорастания семян сорняков. Небольшие сорняки могут быть затем удалены с помощью очень мелкой бороны, пламегасителя или инфракрасной горелки.

Совместимость

Совместимые культуры выращивают вместе для получения более высокого урожая и экономических выгод. Кроме того, совместное выращивание культур повышает

эффективность использования ресурсов (земли, воды, питательных веществ и света). В дополнение к этим преимуществам, совместное выращивание может использоваться для подавления сорняков для экологически безопасного и экономичного контроля над сорняками [34]. В частности, посевы с аллелопатическим потенциалом при совместном выращивании с другими растениями помогают снизить интенсивность сорняков и, следовательно, повысить урожайность. Например, совместное выращивание кукурузы и вигны на чередующихся гребнях помогло снизить интенсивность сорняков (*Echinochloa colona* (L.) Link., *Portulaca oleracea* L., *Chorchorus olitorius* L. и *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.) на 50%, а также повысило эффективность землепользования [35].

Выбор конкурентоспособных сортов

Различные сорта овощных культур могут отличаться по своей вегетативной массе и характеристикам роста и, в свою очередь, влиять на способность подавлять сорняки. Конкурентоспособность сорта связана с более высокой общей площадью листа, устойчивостью к потере вегетативной массы под конкурентным давлением, большей высотой, архитектоникой. Преждевременность цветения растений является признаком, наиболее связанным с конкурентоспособностью овощных культур.

Овощные культуры сильно различаются по своей способности конкурировать с сорняками. Даже в пределах одного вида разные сорта могут иметь очень разные конкурентные способности. В целом, конкурентоспособность культуры связана с ее способностью получать доступ к ресурсам, включая свет, воду и питательные вещества. Это объясняется как способностью культуры выдерживать давление сорняков и поддерживать урожайность, или способностью культуры подавлять рост сорняков и производство семян. Вообще говоря, культуры с интенсивным ростом, которые снижают качество и количество света под пологом культур, являются наиболее конкурентоспособными. Конкретные характеристики, которые имеют тенденцию влиять на конкурентоспособность культуры, включают: более быстрое появление всходов, формирование полога, ранний быстрый рост, характеристики листа (индекс площади листа, длина и угол прикрепления), архитектоника и высота [7].

Сорта могут также проявлять себя по-разному в разных регионах и условиях выращивания, так что наиболее конкурентоспособные сорта в одном случае могут быть менее, в другом случае – более конкурентоспособными. Есть некоторые свидетельства того, что некоторые сорта, часто более старые, лучше функционируют в условиях высокой нагрузки, такой как засуха и низкое плодородие почвы [36]. Также важно помнить, что самые конкурентоспособные сорта не всегда являются наиболее урожайными. Все из этих факторов может повлиять на выбор сорта культуры для снижения использования гербицидов.

Срок посева

Среди факторов, влияющих на численность сорняков, дата посева культуры имеет огромное значение [37]. Подготовка почвы в разное время посева вызывает сезонные колебания температурных и влажностных режимов – двух основных определяющих факторов выживания и распространения видов, определяя периодичность появления семян сорняков. Известно, что состав сообществ сор-

няков различается в посевах посередине и в конце сезона. Время обработки почвы будет определять, какие семена сорняков, в каком состоянии покоя доступны для прорастания; таким образом, регулируя прорастание и последующий рост сорняков [37]. На наличие семян, а также их состояние покоя влияют экологические характеристики, которые могут различаться в течение одного и того же вегетационного периода. Существует взаимосвязь между временем появления сорняков и давлением, оказываемым на культуру в результате конкуренции потерей урожая [38]. Потери урожая обычно выше, когда сорняки появляются раньше или одновременно с урожаем. Компромисс между подавлением сорняков и снижением урожайности должен учитываться при использовании времени посадки в качестве инструмента для борьбы с сорняками.

Норма высева, расстояние между рядами и густота стояния растений

Посев высококачественными семенами обеспечивает получение дружных всходов, формирование оптимальной густоты растений.

Норма высева семян может повлиять на способность культуры конкурировать с сорняками за ресурсы и в конечном итоге повлиять на борьбу с сорняками. Повышенная норма высева привела к увеличению популяции сельскохозяйственных культур, что обеспечивает меньше места для роста сорняков и намного более высокую конкуренцию за свет, питательные вещества и другие факторы роста [39].

Olsen et al. (2012) сообщили, что увеличение плотности посевов снижает биомассу и образование семян овсяга [40]. Kristensen et al. (2008) указывают на то, что увеличение густоты стояния растений отрицательно влияет на биомассу сорняков и оказывает положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур [41]. Более высокая норма высева может сдерживать численность сорняков за счет удушающего эффекта [42]. Тем не менее, увеличение нормы высева не всегда может повысить конкурентоспособность сорняков, и может возникнуть более высокая конкуренция между культурами. Это может привести к негативным последствиям для растениеводства, особенно в стрессовых условиях окружающей среды [43]. Следовательно, оптимальная норма высева позволяет осуществить некоторый контроль над сорняками, что часто и практикуется.

В борьбе с сорняками можно отдавать предпочтение тем культурам, которые позволяют использовать узкорядные посевы и/или более высокую густоту стояния растений. Использование узких рядов и/или загущенного посева ускоряет скорость смыкания рядков, тем самым увеличивая темпы роста урожая, подавляя рост сорняков и конкурентоспособность; в то время как широкие ряды снижают толерантность к сорнякам в начале сезона, требуя более раннюю борьбу с ними, чем в более узких рядах. Таким образом, использование узких рядов и/или более высокой популяции может использоваться в качестве средства борьбы с сорняками в более ранних сроках, что снижает воздействие сорняков. Снижение биомассы сорняков с узкими рядами, скорее всего, является результатом более быстрого и полного смыкания рядков с узкими рядами, что лишает сорняки фотосинтетически активной радиации [44]. Одной из теорий снижения роста сорняков

в узких рядах является более быстрое закрытие ряда, которое уменьшает проникновение света к сорнякам, появляющимся под пологом культур. Подавление роста сорняков узкорядными культурами происходит, главным образом, из-за увеличения затенения междурядья, а не в междурядьях. Более высокая плотность и более близкое расстояние угнетают сорную растительность из-за лучшего раннего смыкания рядков.

Ориентация строк

Манипулирование ориентацией рядков является идеальным методом для включения в программу устойчивого управления сорняками, оно является экологически чистым по сравнению с тактикой борьбы химическими методами. Одним из возможных способов уменьшения перехвата света сорняками и увеличения перехвата света пологом культуры является манипулирование ориентацией ряда культур [45]. Сокращение пространства между рядами культур или ориентация рядов культур под углом, практически перпендикулярным направлению солнечного света, увеличивает затенение сорняков между рядами.

Применение удобрений

Овощные культуры различаются по реагированию на доступность питательных веществ, в основном из-за различий в их корневой структуре или стадии роста. Сорняки, как и овощные культуры, поглощают значительное количество питательных веществ. Важно разработать стратегии применения удобрений для овощных культур, которые повышают их конкурентоспособность, минимизируют конкуренцию сорняков. Существует тесная связь между управлением питательными веществами и поведением и управлением сорняками. Применение удобрений сильно влияет на рост, развитие, распространение, динамику, устойчивость, всхожесть и конкурентоспособность сорняков. Оптимальная система питания овощных культур может сыграть ключевую роль в борьбе с сорняками [46]. Abouzienna et al. (2008) сообщили, что увеличение количества азота может привести к повышению урожайности, но сорняки могут оказать негативное влияние на продуктивность. Возможные взаимодействия могут быть связаны с влиянием удобрений на конкуренцию с сорняками. Варьирование доз и сроков внесения удобрений и методов может изменить конкуренцию. Численность сорняков сильно варьирует из-за различий в источнике внесения питательных веществ. Обычно сорняки положительно реагируют на дозу стартового удобрения и хорошо растут [47]. Предполагается, что оптимальное количество удобрений может обеспечить высокий урожай, но чрезмерное или недостаточное внесение может способствовать сильному развитию конкурирующих сорняков, что приведет к снижению урожайности [48]. Перенос применения азотных удобрений с весеннего срока на осенний уменьшил плотность и биомассу четырех вредных сорняков, включая овсяг пустой (*Avena fatua* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.), дикую горчицу (*Sinapis arvensis* L.) и марь белую (*Chenopodium album* L.) [49]. Следовательно, при разработке стратегий борьбы с сорняками необходимо уделять должное внимание типу удобрения, дозе и срокам внесения. Большая часть семян сорняков размещается вблизи поверхности почвы, и внесение удобрений в этой зоне также может способствовать их появлению и последующему росту.

Предпосевное внесение азотных удобрений может повысить конкурентоспособность овощных культур против сорняков в культурах, имеющих высокие темпы роста на ранних стадиях, но этот эффект модулируется типом сорняков, преобладающих в поле. Модуляция конкурентных взаимодействий между растениями и сорняками маловероятна при использовании органических удобрений или подкормок (например, навоза) из-за медленного высвобождения питательных веществ из этих источников.

Управление растительными остатками

Растительные остатки являются источником органического углерода для почвенных микроорганизмов, а также обогащают почву питательными веществами, необходимыми культурным растениям. Сохранение растительных остатков на поверхности почвы существенно снижает эрозию почвы, а также может снизить появление сорняков [50], улучшить структуру почвы, влагоудерживающую способность и долгосрочный круговорот питательных веществ [51].

Растительные остатки, действующие как мульча, могут влиять на прорастание семян сорняков и их биомассу. Во всем мире появляется все больше свидетельств того, что сохранение растительных остатков от одного сезона к следующему подавляет прорастание и развитие сорняков в системах минимальной обработки почвы, тем самым повышая продуктивность агроценоза. Степень влияния растительных остатков на появление сорняков определяется несколькими взаимодействующими факторами, включая высоту, тип и количество остатков, преобладающие виды сорняков, тип почвы и погодные условия [52]. Поверхностное внесение растительной мульчи от 5 до 7 т/га значительно подавляло рост и развитие сорняков по сравнению с контролем [53]. Chauhan and Abugho (2013) сообщили, что внесение растительной мульчи нормой 6 т/га может помочь подавить появление всходов (50%) и рост многих сорняков [54]. Тем не менее, существует необходимость интегрировать другие стратегии борьбы с сорняками с сохранением растительных остатков для достижения эффективного контроля их в течение всего сезона.

II. Механическая борьба с сорняками

Успех метода механической борьбы с сорняками зависит от жизненного цикла целевых видов сорняков. Большинство механических методов, таких как рыхление, вспашка, боронование, культивация используются на очень ранних стадиях роста сорняков [55]. Многие механические методы контроля становятся сложными после стадии семядолей у овощных культур, и их селективность уменьшается с увеличением возраста возделываемой культуры и сорняков.

Большинство производителей овощных культур полагаются на рыхление (механическое на больших или ручное на небольших фермах) в качестве безопасного и доступного метода борьбы с сорняками. Тем не менее, при обработке мотыгой зачастую повреждаются культурные растения, в то же время, пропуская некоторые сорняки. Кроме того, метод является весьма дорогостоящим: на посевах кукурузы сахарной требуется 150 ч/га, шпината – 516 ч/га [56]. Также на посевах овощных зеленных культур (укроп, кориандр овощной, петрушка), посеянных густо, трудно обрабатывать вручную без ущерба. В то же время механи-

ческая борьба с сорняками может иметь дополнительное преимущество, заключающееся в стимулировании минерализации связанного с почвой азота, что, в сочетании с отзывчивостью культур на азот, может помочь увеличить урожайность и улучшить качество продукции.

Обработка почвы влияет на процессы жизненного цикла сорняков путем непосредственного уничтожения проростков, перераспределения семян по вертикали в профиле почвы и изменения свойств почвы, которые влияют на устойчивость семян, состояние покоя, всхожесть и выживаемость проростков. Следовательно, часто происходят сдвиги в динамике популяций сообществ сорняков, когда принимается какой-либо тип консервационной обработки, включая нулевую обработку почвы (ZT). Понимание влияния обработки почвы на динамику сообщества сорняков может быть сложной задачей, поскольку эти эффекты являются переменными и зависят от взаимодействия с другими тактиками управления условиями окружающей среды и биологией сорняков. Разнообразные севообороты косвенно влияют на популяцию сорняков через эффекты обработки почвы, потому что время и частота обработки почвы варьируются в зависимости от вида культур. Изменения в системах обработки почвы могут косвенно влиять на популяции сорняков путем изменения процессов, которые разлагают или уничтожают семена сорняков. Семена сорняков, остающиеся на поверхности почвы или вблизи нее, уничтожаются в результате высыхания и нападения травоядных животных или патогенов. Было показано, что почвенные грибные и бактериальные микроорганизмы более распространены в ZT по сравнению с системами интенсивной обработки, но реакция семян сорняков на поверхностную колонизацию микроорганизмами сильно зависит от вида. Следовательно, гниение семян сорняков может быть усилено ZT, но эффект, вероятно, будет сильно различаться в зависимости от вида сорняков [57].

Зяблевая предпосевная вспашка, паровая обработка, выполненные своевременно и высококачественно, способствуют подавлению многолетних корневищных и корнеотпрысковых сорняков, а также зимующих и ранних яровых сорняков.

Поздние теплолюбивые яровые сорняки уничтожаются междурядной обработкой и прополкой вручную. Междурядная обработка позволяет уничтожить до 70% сорняков. Для этого необходимо выполнить ряд условий. Посев и посадка должны быть выполнены строго прямолинейно, чтобы соблюсти малые защитные полосы. Рабочие органы должны быть остро отточены, установлены на культиватор с учетом величины растений овощных культур и сорняков, а также состояния почвы.

Влияние основной обработки почвы на сорняки в основном связано с типом используемого навесного оборудования и глубиной обработки почвы. Эти факторы значительно влияют на семена сорняков и их распространение по профилю почвы, и поэтому они напрямую влияют на количество сорняков, которые могут появиться в поле [58]. Консервативная обработка почвы (поверхностная) оставляет больше семян сорняков на поверхности, тогда как системы с глубокой обработкой заделывают их. Семена сорняков, оставшиеся на поверхности, как правило, имеют низкую всхожесть и, в конечном итоге, уменьшают запас семян сорняков, что позволяет проводить ранний посев и, таким образом, конкурентное преимущество

остаётся в пользу урожая, а не сорняков. Низкая всхожесть семян сорной растительности может быть связана с более высокой плотностью почвы [59].

Вспашка долотом по сравнению с отвальной вспашкой обычно приводит к увеличению численности сорняков в системах пахотных культур, особенно многолетних и однолетних однодольных. Для двудольных видов влияние систем обработки почвы зависит от вида. Отвальная вспашка очень эффективна для снижения численности сорняков и, следовательно, является важным превентивным методом, при котором фермеры вынуждены (или желают) использовать частично подавляющие методы прямого подавления сорняков (механическая прополка), и сокращают трудозатраты, необходимые для последующего полива [60]. Системы обработки почвы могут влиять на размер и состав запаса семян сорняков в гораздо большей степени, чем севооборот [22].

Исследованиями С.С. Литвинова (2008) на выщелоченных черноземах Западной Сибири выявлено, что для капусты предпочтительнее в качестве предпосевной обработки проводить безотвальную обработку на глубину 25-27 см в сочетании с двухкратной междурядной обработкой, а для столовых корнеплодов – отвальную перепахку (на 18-20 см) в сочетании с четырехкратной обработкой междурядий, что существенно повышает урожайность [61].

При выращивании капусты белокочанной с высокой кочерыгой можно почти полностью исключить ручные прополки, если использовать лапы-отвальники на культиваторах, изготовленные из односторонних лап-бритв. Лапы-отвальники засыпают сорняки в рядах при их высоте не более 3 см.

Для первой междурядной обработки столовых корнеплодов и других посевных культур очень эффективно применение фрезерных культиваторов. Рабочие органы культиваторов должны быть установлены таким образом, чтобы они уничтожали все сорняки в междурядьях, не допуская подрезания или засыпания землей культурных растений. Для этого культиваторы должны быть оборудованы защитными дисками.

Если сорняки стали слишком большими, необходима интенсивная и агрессивная подстройка орудий для борьбы с сорняками, и таким образом увеличивается риск серьезного повреждения урожая. Прекращение обработки почвы положительно влияет на популяции сорняков, поскольку может влиять на жизнеспособность и распространение семян сорняков, а также оказывает сильное влияние на появление сорняков путем захоронения сорняков в почве.

В целом, на окультуренных слабозасоренных почвах под овощные культуры проводят 2-3 междурядные обработки за вегетационный период, а на тяжелых, заплывающих и засоренных почвах - 3-4 культивации.

III. Управление дренажными и ирригационными системами

Тщательный выбор и техническое обслуживание дренажных и ирригационных систем являются важными профилактическими мерами по снижению зараженности поля сорняками. Периодическая очистка от сорной растительности вдоль канав препятствует их проникновению в поле. Там, где это экономически целесообразно, замена канав подземными дренажами устраняют потенциальный источник заражения сорняками. Использование локализован-

ных (капельных) ирригационных систем способствует развитию сельскохозяйственных культур в ущерб сорнякам [62]. В отличие от этого, ирригационные системы часто предпочитают сорняки, потому что большинство из них имеют более низкую эффективность использования воды (производство сухой биомассы на единицу воды, используемой для суммарного испарения), чем урожай. На сухую массу сорняков существенное влияние оказали методы борьбы с ними и количество доступной воды [63]. Оптимальное время и количество полива снижает плотность и биомассу сорняков [64].

IV. Биологические подходы борьбы с сорняками

Широкое использование синтетических гербицидов представляет серьезную угрозу как для окружающей среды, так и для здоровья населения. Как с точки зрения общественного здравоохранения, так и с точки зрения окружающей среды, «натуральные» гербициды будут намного безопаснее. Биоконтроль следует воспринимать как дополнительный инструмент для борьбы с сорняками, где он будет интегрирован с другими методами борьбы.

Микогербициды

Концепция микогербицида была введена Daniel et al. (1973), который продемонстрировал, что эндемичный патоген может быть полностью разрушительным для его слабого хозяина, применяя огромную концентрацию инокулята на особенно восприимчивой стадии роста [65]. Для достижения успеха возбудитель должен быть культивируемым в искусственных средах; инокулят способен к воспроизведению с использованием обычных методов, таких как жидкое брожение; конечный продукт генетически стабильным и специфичным для целевых сорняков; хранение (срок годности), обработка и методы применения совместимы с современной сельскохозяйственной практикой; и патогенный микроорганизм эффективен в условиях, достаточных для различных условий окружающей среды, чтобы обеспечить своевременное применение [66].

Для того, чтобы биологический контроль был успешным средством борьбы с сорняками, необходимо разработать среду, в которой будут поддерживаться агенты биологического контроля. Эта стратегия является прикладной технологией, которая усиливает или имитирует природу и может использоваться для поддержания популяций вредителей на оптимальном уровне, но не обязательно для их искоренения. Двумя основными типами стратегий борьбы с сорняками с помощью биологического контроля являются классический (прививочный) и затопляющий (усиливающий) подходы [64]. Классический подход предполагает высвобождение биотического агента (естественного врага) с последующим его созданием и распространением. Агент снижает популяцию сорняков ниже экономического или экологического порога и обеспечивает долгосрочный контроль без необходимости повторного введения агента. Микогербицидный подход при использовании грибов включает периодическое применение возбудителя для борьбы с сорняками. В этом последнем случае специфический для хозяина патоген вырабатывается искусственно в массовом порядке и применяется в высоких концентрациях к целевым сорнякам. Ожидается, что биоконтрольный агент не будет обеспечивать контроль после одного сезона после применения [67].

Биогербициды

По сравнению с длительно действующей, нецелевой токсичностью, загрязняющей, канцерогенной и мутагенной активностями синтетических гербицидов, натуральные растительные продукты являются биоразлагаемыми, в некоторой степени специфичными и могут быть переработаны в природе [68].

Кукурузная глютенная мука (CGM), уксусная и лимонная кислоты имеют многообещающие свойства в качестве несинтетических гербицидов для борьбы с сорняками [47]. Цинметилин, природный гербицид, производимый видами шалфея, контролирует многие однолетние травы и подавляет некоторые виды широколиственных сорняков [69]. Различные классы соединений известны для потенциального использования в качестве природных гербицидов. Хорошие кандидаты на природные гербициды должны иметь активность от 10^{-5} до 10^{-7} М. Однако многие фенольные соединения, алкалоиды и хинины имеют диапазон активности 10^{-2} - 10^{-5} М и, следовательно, являются плохими кандидатами на природные гербициды [68]. Одним из первых фитотоксичных соединений, которые были извлечены из высших растений, был 1,8-цинеол. Цинметилин был разработан в качестве гербицида, но никогда не использовался в коммерческих целях для борьбы с сорняками в сельскохозяйственных культурах. Он контролирует многие однолетние и подавляет некоторые широколиственные виды сорняков. Bingaman & Christians (1995) сообщили, что кукурузная глютенная мука в дозах 100, 200, 300 и 400 г/м² снижала степень засоренности на 53, 76, 85 и 83% соответственно, по сравнению с контролем [70]. Abouzienna et al. (2009) сообщили, что Alldown, примененный в фазе семядолей сорняков, оказал максимальное влияние на эффективность контроля широколиственных сорняков, за которым следует 30% уксусная кислота > лимонная кислота > бытовой уксус (5% уксусная кислота) [47].

Аллелопатия

Некоторые растения могут быть использованы в качестве природных гербицидов. Растения *Jasonia montana* обладали гербицидной предпосевной или послевсходовой активностью, где концентрация 10 г сухой массы на 100 мл полностью ингибировала прорастание *C. arvensis* и *C. inflata*. Водорастворимые экстракты из всех частей *Rottboellia cochinchinensis* оказывали ингибирующее действие на рост растений *Bidens pilosa*, *Mimosa pudica*, *Ageratum conyzoides*, *Echinochloa crus-galli*, *Oryza sativa* и *Lactuca sativa* [71].

В настоящее время аллелопатия играет важную роль в исследованиях, связанных с устойчивым сельским хозяйством, таких как биологическая борьба с сорняками и вредителями. Современная тенденция состоит в том, чтобы найти биологическое решение для минимизации предполагаемого опасного воздействия гербицидов и инсектицидов в сельскохозяйственном производстве. В этом отношении вредное воздействие аллелопатии можно использовать для контроля вредителей и сорняков. Химические вещества, ответственные за феномен аллелопатии, обычно называют аллелохимикатами или фитотоксинами. Аллелохимикаты обычно классифицируются как вторичные метаболиты и продуцируются как ответвления в первичных метаболических путях растений. Многие такие природные соединения обладают потенциалом

вызывать широкий спектр биологических эффектов и могут обеспечить сельское хозяйство в борьбе с сорняками [72].

Аллелопатия, как инструмент, может быть в значительной степени использована для борьбы с проблемами загрязнения окружающей среды и развития устойчивости к гербицидам. Подавление сорняков путем использования аллелопатического феномена входит в число важных инновационных методов борьбы с сорняками [73]. Исследования показали, что аллелопатические практики могут отвечать всем этим требованиям; следовательно, в будущем аллелопатия может послужить основой для устойчивого сельского хозяйства (органическое, альтернативное, регенеративное, биодинамическое, низкое потребление или экономия ресурсов). Для достижения целей устойчивого сельского хозяйства текущие исследования включают селекцию растений, плодородие почвы, обработку почвы, защиту урожая и соки посева. Аллелопатия, являясь важным явлением в сельском хозяйстве, также важна для устойчивого сельского хозяйства. Таким образом, для обеспечения устойчивости будущие методы борьбы с сорняками должны сводить к минимуму использование химических гербицидов и использовать аллелопатические стратегии и другие методы борьбы с сорняками [74].

Овес, рожь, сорго, рис, подсолнечник, рапс, ячмень и пшеница были зарегистрированы как важные аллелопатические культуры [75]. Эти культуры проявляют свой аллелопатический потенциал, высвобождая аллелохимические вещества, которые не только подавляют сорняки, но также способствуют почвенной микробной активности. Smeda и Weller (1996) сообщили, что остатки ржи, срезанные или высушенные гербицидом на основе глифосата, контролировали более 89% сорняков и не оказывали какого-либо вредного воздействия на урожай томата [76]. Сообщалось, что различные линии *Beta vulgaris*, *Cucumis sativus*, *Hordeum vulgare*, *Lupinus* sp., *Oriza sativa*, *Pisum sativum* и *Triticum aestivum* ингибируют различные виды сорняков, и различия между этими линиями были обнаружены биологически и на молекулярном уровне [77].

Han et al. (2007) оценивали компост рисовых отрубей для борьбы с сорняками при органическом выращивании шпината в концентрации 10, 20 и 30% почвы в теплице и 2 кг/м² на поле. Компост из рисовых отрубей значительно снижал численность сорняков и массу как в тепличных, так и в полевых экспериментах [47].

V. Термическая борьба с сорняками

Растительные ткани чувствительны к высоким температурам, когда большинство физиологических функций нарушается из-за разрыва мембраны, денатурации белка и инактивации ферментов. Это привело к разработке стратегий борьбы с сорняками с использованием высоких температур. Большинство растений погибают после воздействия температуры между 45 и 55°C [78]. Для борьбы с сорняками тепло можно использовать по-разному, включая прямое сжигание, водяной пар, соляризацию и микроволновую технологию [55], которые обеспечивают быстрый контроль над сорняками, не оставляя химических остатков в почве и воде. Селективные по отношению к сорнякам, они не нарушают почву, но его эффективность зависит от температуры, времени воздействия и расхода энергии [79]. Термическая обработка убивает надземные

части растений, но они могут регенерировать и могут потребоваться повторные обработки.

Прополка пламенем

Пламя – это уникальная техника уничтожения сорняков с помощью прямого нагрева в форме огня. Огненная прополка наиболее распространена в европейских странах. Температура около 55°C используется для уничтожения сорняков, разрушая структуру клеточной стенки. Требования к топливу и температуре зависят от стадии роста сорняков и биомассы. Однако для эффективной борьбы с сорняками часто требуется частое воспламенение. Как правило, пропан используется в качестве топлива, но также рассматриваются относительно возобновляемые альтернативы, такие как водород. Сорняки, имеющие тонкие и широкие листья, такие как крапива, легко сжигаются в пламени, тогда как пастушья сумка и мятлик однолетний не могут быть сожжены за одну операцию. Во многих регионах пожар – это не угроза, а инструмент снижения конкуренции и улучшения круговорота питательных веществ. Быстрый ответ и быстрые результаты также являются отличительными чертами прополки пламенем. Разработаны логистические модели для оценки эффективности прополки пламенем и реакции видов сорняков на пламя [79].

Обработка горячей водой и паром

Рекомендуется использовать горячую воду в качестве направленного метода борьбы с сорняками между рядами овощных культур. Воду нагревают до 99°C, наносят поверх сорняков в объеме до 4680 л/га однократно, что эффективно против однолетних сорняков, двукратно – против многолетних сорняков (SMEDA & Weston, 1995). Pinel et al. (2000) показали, что паровая обработка до 100°C с помощью самоходной машины для обработки почвы повысила температуру в верхнем 10 сантиметровом слое почвы. Эффективность достигла 95-98% на поверхности почвы. Отмечена гибель пяти почвенных патогенов и *Pythium* sp. на глубине до 10 см. На легкой почве эффективная глубина поражения увеличилась до 15 см [80]. Hansson & Svensson (2004) указали, что паровая обработка может контролировать *S. vulgaris* и *C. album*. Обработка паром позволила сократить рабочее время до 60 ч по сравнению с ручным рыхлением (110 ч) [81].

Глубокое пропаривание (6 или более минут при 99-100°C) значительно уменьшило как плотность (примерно до 5,3% необработанного), так и процент покрова (3,3%) сорняков и запас семян (примерно до 9%) в почве по сравнению с необработанным участком [82]. Увеличение урожайности не было последовательным. На глубину почвы в 10 см достигнутая температура составляла минимум 70°C за 6-9 минут. На глубине 20 см температура не всегда была удовлетворительной. Обработка паром (около 2 минут и более при 99-100°C) на посадках разных сортов салата и капусты китайской значительно снизила численность сорняков и количество семян. На глубине почвы 2 см температура достигала 70°C или более в течение 10 минут. Согласно литературным данным, летальная температура для семян сорняков составляет около 60...80°C.

Тепло также можно использовать для уничтожения сорняков с помощью горячей воды. Обработка горячей водой для борьбы с сорняками была успешно опробована во мно-

гих странах [83]. В 1990-х годах в США был разработан коммерческий инструмент Aqua Heat для применения горячей воды для борьбы с сорняками. Применение горячей воды оказалось эффективным против большинства однолетних и большого количества многолетних сорняков. Эффекты были даже сопоставимы с применением глифосата. Подобные виды оборудования были успешно использованы против сорняков в Новой Зеландии, где горячая вода оставалась в контакте с сорняками в течение более длительного периода времени. Оборудование для борьбы с сорняками с использованием горячей воды применяется в Дании и Нидерландах. Обработка горячей водой безопасна и не имеет побочных эффектов, таких как прополка пламенем или радиационные методы. Его эффективность выше в густых популяциях сорняков из-за повышенной способности проникновения. Из-за большей успешности этот метод рассматривается в стратегиях точного управления сорняками в европейских странах. Использование пара вместо горячей воды считается более эффективным, быстрым и устойчивым методом, особенно в тех случаях, когда борьба с сорняками происходит на относительно твердых поверхностях. Необходимы инженерные усилия для повышения эффективности и доступности оборудования и внедрения нового оборудования для управления сорняками в растениеводстве.

Микроволны и излучения

Использование микроволновой энергии для уничтожения сорняков приобрело популярность в недавнем прошлом. Оно основано на высокой энергии микроволн, которые могут очень эффективно убивать сорняки. Этот метод имеет высокую точность [84]. Микроволны были успешно использованы в Дании для борьбы с *Malva parviflora* L., *Conyza bonariensis* L. и *Cucumis myriocarpus*. Эта технология эффективна против многих сорняков, но расход необходимой энергии очень высок, что увеличивает стоимость производства. Тем не менее, его эффективность и энергетический баланс могут быть уменьшены за счет конфигурации индукции теплового потока на сорняках, что делает его сопоставимым с другими инструментами борьбы с сорняками по стоимости [85]. Точно так же лазерное излучение может эффективно использоваться для уничтожения сорняков [84]. В Соединенных Штатах лазерные лучи использовались, чтобы уничтожить водные растения гиацинта. Лазеры передают высокую энергию тканям растений и повышают температуру воды на клеточном уровне, что приводит к гибели клеток.

Было проверено использование ультрафиолетового излучения для борьбы с сорняками [86]. Отмечено, что ультрафиолетовая энергия оказывает сильное воздействие на ткани растений, убивает сорняки, как пламя; однако ограниченное развитие этой технологии связано с возможными опасностями для здоровья. В этом конкретном аспекте необходимы дальнейшие исследования для разработки экономически жизнеспособных вариантов.

В зависимости от дозы, микроволновая обработка может убить или стимулировать прорастание семян сорняков. Brodie et al. (2009) обнаружили, что всхожесть семян райграса в верхних 10 см почвы была снижена до 2,5% в сравнении с необработанными областями, когда почва была влажной, а время облучения составляло 8 минут. Непроросшие семена размещались в пределах 5 см от поверхности почвы во влажной почве. В сухом песке, если семена не были в пределах 2 см от поверхности почвы, существенного влияния на

проращение семян сорняков не было. На всхожесть также не было влияния до тех пор, пока облучение не проводилось в течение 12 минут в сухой почве. Облучение с такой скоростью снижало всхожесть до 2% от тех, что в необработанных областях. Высокие температуры могут убить семена, а микроволны могут нагреть почву или семена, содержащие воду. Более низкие дозы микроволн могут повлиять на целостность белка, что может увеличить или уменьшить всхожесть [85].

Прополка электрическим током

Практика борьбы с сорняками с помощью удара током называется поражением электрическим током. Хотя это менее изученная область, доказательства подтверждают тот факт, что сорняки могут быть уничтожены искровым разрядом или электрическим контактом. Сила поражения электрическим током, длительность контакта или воздействия, виды сорняков, морфологические особенности и стадия роста значительно влияют на успех поражения электрическим током. Серьезность повреждения усугубляется на засушливых почвах [87]. Однако из-за более высоких затрат, энергетических кризисов и опасностей для операторов его применение в сельском хозяйстве ограничено. В будущем этот конкретный метод может иметь практические последствия, особенно в устойчивом сельском хозяйстве.

Линза Френеля: инструмент, который концентрирует солнечное излучение в линию или точку. Линейная линза Френеля (0,91 x 1,52 м, фокусное расстояние 0,74 м, фокус на линии 0,01-1,52 м) была исследована в качестве метода борьбы с сорняками. Полевые эксперименты проводились для оценки влияния концентрированной солнечной радиации линзы Френеля при различных периодах времени облучения, стадиях роста растений и условиях влажности поверхности почвы. На сухой поверхности почвы время экспозиции от 1 до 10 с при 290°C привело к контролю многолетних корневищных сорняков: от 100% для экспозиции 1 с на стадии семядолей, до 89% для экспозиции 10 с на стадии 10 листьев. Эффективность была снижена на влажной почве по сравнению с сухой поверхностью почвы. Johnson et al. (1990) сообщили, что линза производила линейный фокус 1 x 150 см со средней температурой 309°C. Эффективность составила 100% против щетинника зеленого, кохии, портулака и дикой гречихи. Концентрированное солнечное излучение линзы Френеля обладает наибольшим потенциалом воздействия на семена сорняков на поверхности почвы [87]. Серия линз Френеля и/или более крупных линз может потребоваться для многих практических полевых применений.

Соляризация почвы

Соляризация почвы – это нехимический метод, который успешно используется во многих странах для борьбы с почвенными болезнетворными микроорганизмами, передающимися через почву, сорняками и нематодами. Соляризация включает использование прозрачного полиэтиленового покрытия для улавливания тепла от солнечного излучения и повышения температуры почвы до уровня, который смертелен для семян и ростков сорняков [78]. Перед соляризацией почву обычно орошают и на нее наносят пластиковую пленку для мульчирования. Эффект соляризации выше в верхнем слое (5-10 см) почвы, чем в нижнем.

На успех соляризации почвы влияет интенсивность и длительность воздействия солнечного света. В течение

следующих 12 месяцев после соляризации продолжительностью одного месяца наблюдалось значительное снижение всхожести семян сорняков [55]. В связи с этим Haidar & Sidahmed (2000) обнаружили, что соляризация в течение 2, 4 и 6 недель с куриным навозом увеличила среднюю массу растений капусты на 55, 70 и 75% соответственно по сравнению с контролем. Candido et al. (2011) обнаружили, что средняя товарная урожайность салата оказалась значительно выше в соляризованной почве, чем в необработанном контроле как в теплице, так и в поле [9].

Соляризация почвы является перспективным методом сокращения популяций почвенных вредителей и сорняков без использования пестицидов. Эффективность борьбы с сорняками зависит от влажности почвы, достаточно высоких температур воздуха и солнечной радиации, а также от адекватной продолжительности воздействия. Влажная почва необходима для теплопроводности и для сохранения семян в более восприимчивом, увлажненном состоянии. Соляризация является экономически эффективной практикой управления с низким уровнем риска для мелких фермеров и может повысить урожайность путем уменьшения числа сорняков до 36% на 1 м² [90].

Соляризация в сочетании с другими методами борьбы с сорняками контролирует однолетние сорняки, такие как *Poa annua*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus* и *Echinochloa crusgalli* [91]. Stapleton et al. (2005) показали, что при соляризации количество сорняков снижается на 86-94%, а их биомасса уменьшается на 94-99%, урожайность петрушки листовой увеличивается 6,7-20 раз по сравнению с необработанным контролем [92]. Vito et al. (2000) сообщили, что соляризация почвы в течение 6-недельного периода эффективно контролировала как нематоды, так и сорняки, и, следовательно, увеличила урожайность товарной моркови по сравнению с несоляризованной [93].

Использование старого полиэтилена (т.е. ранее использованного) обеспечивает чрезвычайно недорогой метод соляризации. Удивительно, но использование старого полиэтилена оказалось даже более эффективным, чем новые материалы. Это связано с изменениями фотометрических свойств выдержанной мульчи. Чтобы сделать соляризацию почвы широко приемлемой для фермеров, может потребоваться усовершенствование процесса соляризации. Механическое применение и мульчирующие материалы нового поколения, такие как фоторазлагаемая и биоразлагаемая пленка, могут устранить проблему утилизации.

Мульчирование

Мульчирование широко используется в производстве овощей. Мульча может быть натуральной, такой как солома, опилки, сорняки, остатки бумаги и растений или синтетические (пластик) [94]. Покрытие почвы органическими или синтетическими материалами зарегистрировано как безопасный метод борьбы с сорняками по сравнению с применением гербицидов. Экономия воды при пластиковом мульчировании составляет более 50% по сравнению с гербицидами или ручной прополкой, а преимущества мульчирования увеличиваются при нехватке воды.

Мульчирование увеличивает урожайность капусты, томата, бамии, лука и других культур, подавляет сорняки за счет их физического присутствия на поверхности почвы (путем затенения, понижения температуры почвы, аллело-

патической активности и блокирования света, необходимого для прорастания мелких семян сорняков). Riley et al. (2004) обнаружили, что урожайность свеклы после мульчирования составляла 135% и 123%, капусты – 124% и 118% при ручной прополке и без нее, соответственно [95].

Применение мульчи дало более высокую раннюю и общую урожайность дыни и арбуза, чем в контроле – без применения мульчи. Ранний и максимальный общий урожай дыни получены при мульчировании: 53-90% и 37-63% в органическом земледелии и 59-100% и 35-59% в традиционном соответственно. Эти показатели выше при совместном применении минеральных удобрений и черной мульчи на 2,63 и 5,39 кг/м², соответственно. Ранний и общий урожай арбуза были увеличены при мульчировании на 16-38% и 14-30% в органическом и на 18-39% и 20-32% в традиционной технологии соответственно [96].

Ингибирующее действие органической мульчи на сорную растительность может быть обусловлено как физическим (уменьшенное прохождение солнечного излучения и температурного диапазона на поверхностном слое почвы) эффектом подавления появления всходов, так и возможными химическими эффектами, возникающими в результате выделения аллелохимикатов соломой. Кроме того, аллелопатическое взаимодействие и химические/биологические эффекты мульчирования включают изменения рН и динамики питательных веществ в почве.

Температура почвы обычно повышается от 1 до 3°C под черной и от 3 до 5°C под прозрачной пластиковой мульчей. Такое повышение температуры обеспечивает стимуляцию роста овощных культур в начале сезона, которые реагируют на повышенные температуры почвы (огурец, кабачок, арбуз, перец, томат и кукуруза сладкая). Только непрозрачная (коричневая или черная) пластиковая мульча обеспечивает высокую эффективность борьбы с сорняками, прежде всего за счет ограничения воды. Пластиковая мульча не должна использоваться там, где присутствуют ползучие многолетние сорняки, так как они могут проколоть пластик, доставляя свет для стимулирования прорастания дополнительной сорной растительности.

Abdul-Baki & Teasdale (1993) обнаружили, что черный полиэтилен превосходил органическую мульчу в повышении урожайности плодов томата, в то время как при применении в качестве мульчи вики посевной общий урожай плодов был в два раза выше, чем в контроле – без мульчи и значительно выше по сравнению с использованием черной полиэтиленовой мульчи [97]. Между тем, Hussein & Radwan (2004) сообщили, что черная пластиковая мульча давала наивысший урожай гороха, за ней следовала мульча из рисовой соломы, а третья – белая полиэтиленовая мульча [98]. McMillen (2013) показал, что в течение первых 3 дней слой мульчи по меньшей мере на 5 см уменьшал поверхностное испарение до 40% по сравнению с потерями воды из почвы без мульчи, и все типы мульчи были одинаково эффективными. Удваивая толщину мульчи с 5 см до 10 см, поддерживается влажность почвы на 10% выше по сравнению с вариантом без мульчи. Однако корневая система *C. arvensis* может проникать в мульчу высотой >15 см [99].

VI. Химический контроль сорняков

Основу борьбы с сорняками составляют шести-, восьмипольные севообороты, включающие культуры с высо-

кой конкурентоспособностью (люцерна, клевер, озимые зерновые) и ранние предшественники (викоовсяная смесь, картофель ранний и др.), позволяющие уничтожать однолетние и многолетние сорняки непосредственно в период вегетации культур или после их уборки с применением глифосатсодержащих препаратов, 2,4-Д, Банвела и их баковых смесей в зависимости от чувствительности многолетников к гербицидам [61].

Свекла столовая. Хорошие результаты в борьбе с сорняками на посевах свеклы столовой дает использование гербицидов в системе защитных мероприятий. При возделывании свеклы с минимальными затратами труда важно уничтожить сорные растения в посевах культур, предшествующих ей в севооборотах. Целесообразно размещать свеклу на полях, обработанных по типу полупара, хорошо очищенных от сорняков, где не применяли Стомп в больших нормах, к которому она особенно чувствительна. При средней и слабой засоренности поля проводят двух или трехкратную обработку посевов свеклы баковой смесью Бетанал макс Про + Карибу (1,25 л/га + 20 г/га) по первой, второй и третьей волнам сорняков, позволяющей максимально очистить их от однолетних двудольных сорняков и практически выращивать культуру без ручных прополок. Стоит отметить, что Карибу в России на столовой свекле не зарегистрирован.

Если в сорном агроценозе доминируют однолетние злаковые сорняки и при высокой засоренности лучше применять в течение 2-3 дней после посева свеклы Дуал Голд 1,3-2,0 л/га или Фронтьер Оптима в нормах 0,8-1,2 л/га. Для активации гербицида Фронтьер Оптима достаточно выпадения 10-16 мм осадков в течение 7 дней после применения, при этом гибель однолетних сорных растений варьирует от 64 до 85%. Для полного подавления сорняков применяют двухкратное послевсходовое опрыскивание посевов Бетанал Эксперт ОФ 1,5 л/га в фазы 2 и 4 листьев культуры [100].

Капуста, выращенная безрассадным способом, сильно засоряется сорняками в начале вегетации. Их трудно своевременно уничтожить механическими средствами. Для борьбы с сорняками в течение 3 дней после посева применяют Бутизан 400 1,5-2,0 л/га, Фист 3,0-4,5 л/га или Дуал Голд 1,3-1,6 л/га. Применение Бутизан 400 целесообразно до появления всходов сорняков и культуры, если в течение 7-10 суток после обработки выпадут осадки (15-25 мм) или проводят 1-2 полива дождеванием (100-150 м³/га). В регионах с недостаточным увлажнением и отсутствием возможности полива предпочтительнее применять Фист.

На посадках капусты против однолетних сорняков чаще применяют Бутизан 400 1,5-2,0 л/га через 1-3 дня после высадки под приживочный полив дождеванием (200 м³/га). При такой же технологии эффективность использования баковой смеси Бутизан 400 + Комманд (1,5+0,15 л/га) была на 10-15% выше эффективности отдельного внесения Бутизана 400 2,0 л/га, в основном за счет полного уничтожения таких вредоносных сорных растений как: марь белая, крестовник обыкновенный, галинсога мелкоцветковая, подмаренник цепкий. Если через 3-4 недели после внесения почвенных гербицидов появляются двудольные сорняки их уничтожают гербицидом Галион в нормах 0,27-0,31 л/га в ранних фазах развития (семядоли-2 листа) [101]. Стоит отметить, что Комманд на капусте в РФ не зарегистрирован.

Морковь – до всходов обрабатывают гербицидом Стомп Профессионал 3,0-3,5 л/га, Рейсером 2-3,0 л/га или Гезагардом 3,0 л/га. Внесение гербицидов в течение 3 дней после посева дадут высокий эффект, если в течение 7-10 дней после обработки выпадут осадки (20-30 мм) или проведи 1-2 полива дождеванием (150-200 м³/га). Наиболее эффективно применение Гезагарда в норме 2,0-2,5 л/га в фазе 1-2 листьев моркови по вегетирующим сорным растениям в ясную солнечную погоду с температурой 20-25°C.

Гербицид Рейсер в значительной мере инактивируется в почве за 6-9 месяцев, однако в засушливые годы распадается медленно и может оказать отрицательное последствие на лук, томат, тыквенные и крестоцветные культуры. Это надо учитывать при размещении культур в севообороте на следующий год [102].

Лук репчатый, выращиваемый из семян, слабо конкурирует с сорняками и засоряется на протяжении всего периода вегетации. Для предотвращения высокой засоренности посевов, лук следует размещать на полях, обработанных по типу полупара, свободных от многолетних сорняков. Высокий эффект в борьбе с сорняками дает предпосевная фрезерная обработка почвы. Из гербицидов почвенного действия на луке разрешены только препараты, содержащие действующее вещество пендиметалин, применяемые чаще в течение 3 дней после посева (Стомп Профессионал 3,0 л/га). Непременным условием для проявления гербицидной активности его – достаточная влажность почвы. Поэтому при отсутствии дождей проводят поливы нормой 100-150 м³/га с интервалом 5-6 дней. Токсичное действие Стомп Профессионала на сорняки продолжается в течение 6-8 недель. Он хорошо очищает посевы лука от мари белой, проса куриного, щиряцы запрокинутой, горчицы полевой, горца почечуйного, но слабо действует на галинсогу мелкоцветковую и дымянку лекарственную. Сравнительно устойчивыми к гербициду были крестовник обыкновенный и осот огородный. Для борьбы с вновь появившимися сорняками используют Гоал в нормах 0,4-0,5 л/га и 0,5-0,6 л/га в фазах двух и 3-4 листов лука соответственно. Одно из важных условий для получения высокого эффекта от применения гербицида - ранняя стадия развития сорняков перед обработкой (до 4-х листьев), равномерное смачивание им листостебельной массы сорных растений и воздержание от рыхления почвы в междурядьях в течение 5-7 дней. Нежелательно вносить Гоал 2Е после дождя или полива, так как при этом усиливается действие гербицида на лук. В таком случае опрыскивание лука лучше проводить через 3-5 дней, когда на листьях лука восстановится восковой налет, и они станут более устойчивыми к гербициду. Дождь, прошедший через 5-6 часов после применения Гоал 2Е, не влияет на его эффективность. Наиболее благоприятная температура воздуха в период опрыскивания гербицидом 18-25°C. Теплая с осадками погода способствует более быстрому и активному действию Гоал 2Е, в тоже время как при длительной засухе и прохладной погоде он менее эффективен. Высокорослые сорняки, сформировавшиеся в жаркую погоду, устойчивы к Гоал 2Е в нормах, применяемых на луке. Высокий эффект в борьбе с сорняками и гарантируемая безопасность гербицида достигается в тех случаях, когда им обрабатываются активнорастущие, одинаковые по развитию растения лука нормальной густоты [103].

Чеснок хорошо очищается от сорняков после двукратной обработки гербицидами. Стомп Профессионал 3,0 л/га или Гезагард 3,0 л/га применяют в течение 3 дней после посадки осенью или весной. Чеснок осенней посадки в фазе 3-4 листь-

ев обрабатывают весной Гоал 2Е 0,4-0,5 л/га по взошедшим однолетним двудольным сорнякам (фаза семядоли- 4 листьев), весенней посадки – через 3-4 недели после первой обработки Гоал 2Е 0,5-0,6 л/га. Все послевсходовые обработки гербицидами должны обязательно завершаться не позднее фазы 4-5 листьев чеснока. Стоит отметить, что Стомп Профессионал в РФ на чесноке не зарегистрирован.

Защита овощных культур от однолетних злаковых сорняков в период вегетации успешно решается внесением высокоэффективных, избирательных гербицидов: Фюзилад Форте, Тарга Супер, Центурион Нео, Пантера и др., разрешенных к применению в России.

Одно из главных условий эффективного применения гербицидов – правильный выбор препарата, исходя из степени засоренности конкретного поля, сопоставления видового состава сорняков со спектром его действия, а для послевсходовых гербицидов и фазовой чувствительности сорняков в момент обработки. Также большое значение имеет безукоризненная работа опрыскивателя, точное соблюдение нормы применения гербицида, равномерность его распределения на обрабатываемой площади. Важно уточнить регламенты внесения гербицидов применительно к местным условиям, конкретному хозяйству, возделываемым культурам, орошению, способам полива и др. На почвах с высоким содержанием гумуса и при внесении больших доз органических удобрений, высокой засоренности, особенно трудноискореняемыми сорняками, нормы гербицидов должны быть максимальными, а на бедных, легких по механическому составу – минимальными. Их также уменьшают при возделывании ранних культур и сортов, в посевах и посадках с ослабленными растениями.

Экономически невыгодно обрабатывать гербицидами сильно изреженные посевы, даже если можно получить высокий эффект в борьбе с сорняками. В этом случае, как правило, затраты на химическую прополку не окупаются полученной продукцией.

Эффективность гербицидов почвенного действия во многом зависит от состояния поверхности поля перед обработкой и количества осадков, выпавших в первые семь дней после обработки. Чем лучше разделана почва, тщательно выравнено поле и с осадками (15-30 мм) произошло проникновение гербицида на глубину почвы 1-6 см, который из почвенного раствора будут поглощать прорастающие сорные растения, тем выше эффективность гербицида. Орошение позволяет наиболее полно реализовать потенциальные возможности гербицидов почвенного действия. Оно выполняет регулируемую роль – активизирует или снижает фитотоксичность, причем этот процесс при необходимости можно корректировать в определенных пределах, изменяя нормы и сроки поливов, особенно при капельном орошении, когда дневная норма составляет 80-100 м³/га и за период вегетации проводится 10-18 поливов.

Существенное внимание на активность гербицидов оказывают и погодные условия. Оптимальный диапазон температур для эффективного действия большинства гербицидов – 13-25°C, при низких температурах тормозится прорастание сорняков, гербициды на них слабо действуют. Погодные условия, характеризующиеся длительным периодом пониженных температур в сочетании с частыми осадками, неблагоприятны для сельскохозяйственных культур, выращиваемых на гербицидном фоне. При этом гербициды отрицательно действуют на культурные растения и особенно посеянных или высаженных с опозданием, когда после их внесения

температура почвы превышала 25°C. Высокие температуры активизируют действие многих гербицидов, но наряду с этим ускоряют их разложение.

В производственных условиях желательно применять гербициды, активное действие которых ограничено одним сезоном или годом, чтобы исключить возможность их отрицательного последствие на культуры севооборота. Во всех случаях применения гербицидов для контроля за их действием и эффективностью необходимо оставлять участок посева без химической обработки (20-100 м²). Иногда, вследствие превышения нормы применения или в связи с неблагоприятными погодными условиями, от действия гербицидов угнетаются культурные растения. Для уменьшения фитотоксичности культур, пострадавших от гербицидов, проводятся подкормки минеральными и органическими удобрениями, посевы обрабатывают микроэлементами, регуляторами роста.

Точное соблюдение зональных рекомендаций, разработанных с учетом почвенно-климатических особенностей земледелия, гарантирует высокий эффект от применения гербицидов в технологиях интенсивного выращивания овощных культур. Применять гербициды следует, прежде всего, в крупных овощеводческих хозяйствах с использованием передовых технологий и только в случаях, когда это диктуется производственной необходимостью (агротехнические приемы малоэффективны) при полной экологической безопасности.

Практика передовых агрохолдингов, специализирующихся на производстве овощей, и полевые опыты свидетельствуют, что даже самые радикальные приемы и методы при бессистемном их применении не дают высокого эффекта в снижении засоренности полей. Только планомерная, рассчитанная на ряд лет система защитных мероприятий в севооборотах с применением прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур до минимума уменьшает засоренность полей, значительно снижает затраты по уходу за посевами, предотвращает потери урожая от сорняков.

VII. Резистентность сорных растений к гербицидам

В течение десятилетий во всем мире производители все больше полагаются на гербициды для эффективного управления сорняками. Мировое применение гербицидов составляет 47,5% от 2 млн тонн пестицидов, используемых ежегодно. Это неудивительно, учитывая значительный успех как с экономической, так и с точки зрения эффективности гербицидов, начиная с их введения и широкого применения после Второй мировой войны [56]. Потенциальные проблемы, связанные с использованием гербицидов – это повреждение нецелевой растительности, фитотоксичность, остатки в почве и воде, токсичность по отношению к другим целевым организмам, проблемы для здоровья и безопасности человека и устойчивые к гербицидам популяции сорняков [104].

Быстроразвивающиеся биотипы сорняков, устойчивых к гербицидам, представляют серьезную угрозу для сельскохозяйственного производства. До настоящего времени было идентифицировано 392 биотипа сорняков, устойчивых к гербицидам. Перекрестная устойчивость быстро развивается у сорняков, они стали устойчивыми к тем химическим веществам, которые впервые применены или относятся к разным химическим классам [105]. Jabran et al. (2015) высказали мнение, что устойчивость или перекрестная резистентность среди сорняков представляет серьезную угрозу для гербицидной промышленности и практики борьбы с сорняками [106]. Поскольку современные гербицидные продукты теряют свою эффективность из-за развития устойчивости,

химический контроль над сорняками оказывается более сложным, а количество действующих веществ также сокращается из-за законодательных ограничений. Это усугубляется отсутствием инноваций, поскольку в течение 30 лет не было введено никаких новых механизмов действия гербицидов [103].

Устойчивые к гербицидам сорняки угрожают мировому производству сельскохозяйственных культур, и это требует продуманного подхода к управлению резистентностью. Для достижения этой цели борьба с сорняками должна основываться на основе эко-эволюционных отношений между сельскохозяйственными культурами и сорняками. Такая система снижает репродуктивность популяций сорняков. Критическим для производителя является понимание природы устойчивых сорняков и развитие связей между определенным поведением и появлением различных типов устойчивости к гербицидам.

Неселективные гербициды, такие как глифосат и глюфосинат, способствуют расширению спектра контролируемых сорняков, что особенно важно в системах с нулевой обработкой почвы. Глифосат является наиболее широко используемым гербицидом в мире, и литература о его применении и характеристиках обширна.

VIII. Роботы в контроле сорняков на овощных культурах

Овощные культуры составляют большую часть сельскохозяйственного производства. Существует большой разброс и ограниченная доступность специализированных гербицидов. Борьба с сорняками, включающая обнаружение и удаление сорняков, приобрела за последние годы значительную популярность в точном земледелии [108], в связи с его большим потенциалом для повышения эффективности прополки при снижении экологических и экономических затрат.

Машинное зрение отделяет овощную культуру от сорняков. Каждый сорняк в ряду обрабатывается точечным нанесением гербицида, не оказывая отрицательного влияния на культуру. Это приводит к значительному сокращению использования гербицидов и позволяет использовать те из них, которые могут повреждать культуру. Робот специально разработан для этой цели с учетом затрат, ремонтпригодности, эффективной работы и надежности. Испытания в горшках с четырьмя видами сорняков продемонстрировали, что система Drop-on-Demand (DoD) может контролировать сорняки: 7,6 мкг глифосата или 0,15 мкг йодосульфурона на одно растение. Полевые испытания с роботом были проведены на морковном поле, и все сорняки эффективно контролировались с помощью системы DoD. Применяя 5,3 мкг глифосата, экономия гербицида составила от 73 до 95% (снижение нормы расхода до 50 г/га). Более уместно сравнение с наиболее часто используемыми селективными гербицидами в моркови. Сочетание аклонифена и метрибузина – наиболее распространенное применение при стандартной гербицидной защите моркови, максимум 3 обработки с общей нормой 1050 г/га аклонифена и 106 г/га метрибузина [109].

Однако исследование (Kunz et al., 2018) указывает на то, что комбинация тактик может максимизировать эффективность прополки [110], названная интегрированной борьбой с сорняками [111]. Такая система по своей сути позволяет использовать альтернативно уничтожение сорняков в зависимости от конкретных видов сорняков в поле, что дополнительно повышает эффективность прополки.

В ближайшем будущем робототехника и дроны могут улучшить своевременный мониторинг полей за счет использова-

ния электронного оборудования, программного обеспечения и датчиков, которые могут различать культурные растения от сорняков. Тем не менее, эти инструменты ограничены для текущего сельскохозяйственного производства, потому что по-прежнему существует много проблем в борьбе с сорняками на больших полях, особенно из-за низкой автономности дронов.

IX. Агро-нанотехнологии

Если действующее вещество препарата контролируется постепенным высвобождением из нанокапсулированных препаративных форм, то повторное применение гербицидов в полевых условиях будет сведено к минимуму, а также может быть уменьшено неблагоприятное воздействие на растения и окружающую среду [112]. Недавно Zhao et al. (2018) подчеркнули важность наноразмерных экологически чистых препаративных форм пестицидов, которые могут отвечать требованиям биосовместимости и биодоступности [113], позволяя включать различные стратегии интегрированной борьбы с сорняками и вносить вклад в разработку и внедрение зеленых нанотехнологий [114]. Однако прежде чем эти инструменты можно будет коммерциализировать, необходимы дополнительные исследования и дальнейшие разработки.

X. Комплексное управление сорняками

Одно из определений комплексного управления сорняками подразумевает методы борьбы с сорняками, которые не требуют гербицидов или рационального их использования. Комплексное управление сорняками включает в себя более одного метода контроля, а именно: чистоту семян, сорта культур, сроки и способы посадки, культивирования, соляризации почвы, совместимость, севооборот, управления водными ресурсами, внесения навоза, биологического контроля и гербицидов.

XI. Преимущества устойчивого управления сорняками

Преимущества рассматриваются в контексте окружающей среды, общества и экономики: улучшение сохранения почвы и воды, смягчение последствий глобального потепления, улучшение биоразнообразия, сокращение стойкого загрязнения, увеличение концентрации пищевых питательных веществ, снижение токсической нагрузки у взрослых и детей, которые едят органические продукты, улучшение условий для сельскохозяйственных рабочих, конкурентоспособный урожай, надбавки к цене, каналы прямого маркетинга для потребителей, более низкие входные затраты, более высокий доход, улучшенная устойчивость или более низкая волатильность, экономия энергии и доход от углеродных рынков.

Выводы и необходимость в будущем

Фермеры имеют в своем арсенале ряд профилактических и агротехнических методов, которые они могут объединить для выработки хорошей стратегии борьбы с сорняками. Выбор метода зависит от наличия денег и рабочей силы, доступа к техническим средствам (например, семена, удобрения, гербициды), экологических, социальных и экономических характеристик, которые могут ограничивать диапазон возможного агрономического выбора (например, продолжительность вегетационного периода, распределение осадков и температуры, степень минерализации почвы, структура фермы и рынка, наличие консульта-

тивных услуг и т.д.). Тем не менее, самая высокая диверсификация системы земледелия (то есть последовательности культур и связанных с ней культурных практик), основанная на агроэкологических принципах, является ключом к эффективному долгосрочному управлению сорняками в любых ситуациях. В этом отношении всегда должно осуществляться систематическое включение профилактических, агротехнологических и других возможных методов борьбы с сорняками. Это, очевидно, подразумевает, что фермеры должны получать образование, чтобы приобретать более высокий уровень знаний и технических навыков. Простые решения, такие как монокультура и использование гербицидов как единственного метода прямого контроля над сорняками, могут быть успешными в краткосрочной перспективе, но никогда не принесут пользы в долгосрочной перспективе. Способы борьбы с сорняками, такие как обработка почвы и применение органических удобрений могут изменить засоренность посевов, а также конкуренцию сообщества сорняков в долгосрочном управлении, если не будут найдены другие эффективные альтернативные методы борьбы. Разнообразные севообороты с тщательным контролем над сорняками являются основополагающими для устойчивых и экологических систем выращивания сельскохозяйственных культур.

Неправильное использование химических гербицидов наносит ущерб окружающей среде и здоровью человека, способствует появлению устойчивости к гербицидам у сорняков. Таким образом, в преобладающих условиях необходим набор альтернативных инструментов управления сорняками. Все методы защиты растений от сорной растительности направлены на защиту окружающей среды, практическую жизнеспособность, совместимость для интегрированных программ и экологическую стабильность. Правильный выбор одной или нескольких из этих стратегий в соответствии с географическими, сельскохозяйственными и социально-экономическими условиями может обеспечить эффективный контроль над сорняками. Ни один из них не способен полностью заменить химический контроль сорняков. Однако комплексный подход может привести к успеху. Разнообразная природа этих стратегий может быть очень полезна против проблемных и устойчивых сорняков. Необходимы дальнейшие исследования для оптимизации этих инструментов для повышения эффективности и практической пригодности. В долгосрочной перспективе единая мера по борьбе с сорняками может оказаться неэффективной, и, таким образом, комплексное управление сорняками на основе передовых нетрадиционных стратегий будет прагматичным вариантом в современном интенсивном устойчивом сельском хозяйстве.

Если целью следующего поколения борьбы с сорняками является снижение общей зависимости от гербицидов, то борьба с сорняками должна рассматриваться как эволюционная проблема. В настоящее время актуально снижение устойчивости сорняков к гербицидам посредством интеграции биохимического, агрономического, экологического контроля над ними и социальных наук. Наконец, можно сделать вывод, что успешные и устойчивые системы управления сорняками - это те, которые используют интеграцию между различными методами, а не зависят от одного метода. Необходимы дальнейшие исследования новых технологий и методов борьбы с сорняками в сельском хозяйстве, в том числе в овощеводстве.

Об авторах:

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, чл.-корр. РАН, гл.н.с., alex-soldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>
Александр Михайлович Менших – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и инноваций, <https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>
Александр Юрьевич Федосов – младший научный сотрудник отдела технологий и инноваций, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>
Иван Иванович Ирк – кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1256-7621>
Мария Ивановна Иванова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>, автор для переписки, ivanova_170@mail.ru

About the authors:

Alexey V. Soldatenko – Doc. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS, Chief Scientist, Director, alex-soldat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9492-6845>
Alexander M. Menshikh – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Technology and Innovation Department, <https://orcid.org/0000-0001-7254-8487>
Alexander Yu. Fedosov – Junior Researcher, Technology and Innovation Department, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>
Ivan I. Irkov – Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9492-8667>
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>, Correspondence Author, ivanova_170@mail.ru

• Литература / References

- Sopeña F.M.C., Morillo E. Controlled release formulations of herbicides based on micro-encapsulation, Literature Review. *Cien. Invas. Agr.* 2009;35(1):27-42.
- Kraehmer H., Baur P. Weed anatomy. London: Wiley-Blackwell, 2013. 504 p.
- Rao S. Principles of weed science. 2ed. New York: Science Publishers, 2000. 526 p.
- Hussein H.F. Estimation of critical period of crop-weed competition and nutrient removal by weeds in onion (*Allium cepa* L.) in sandy soil. *Egypt. J. Agron.* 2001;24(1):43-62.
- Oerke E.C. Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 2006;144(1):31-43.
- Sharma A.R. Weed management in conservation agriculture systems-problems and prospects. In *National Training on Advances in Weed Management*, held at DWSR, Jabalpur on 14–23 January, 2014. P.1–9.
- Bahadur S., Verma S.K., Prasad S.K., Madane A.J., Maurya S.P., Verma V.K. and Sihag S.K. Eco-friendly weed management for sustainable crop production - A review. *J Crop and Weed.* 2015;11(1):181–189.
- Спирidonov Ю.А., Шестаков В.Г. Рациональная система поиска и отбора гербицидов на современном этапе. М., ВНИИФ, РАСХН, 2006. 266 с. [Spiridonov Yu.A., Shestakov V.G. Rational system of search and selection of herbicides at the present stage. Moscow, VNIIF, RAAS, 2006. 266 p.]
- Candido V. Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Sci. Hortic.* 2011;130(3):491-497.
- Filizadeh Y., Rezaadeh A. and Younessi Z. Effects of crop rotation and tillage depth on weed competition and yield of rice in the paddy fields of northern. *Iran J Agric Sci Tech.* 2007;(9):99–105.
- Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R. and Ward L.K. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.* 2003;(43):77–89.
- Garrison A.J., Miller A.D., Ryan M.R., Roxburgh S.H. and Shea K. Stacked crop rotations exploit weed-weed competition for sustainable weed management. *Weed Sci.* 2014;(62):166–176.
- Baker B.P. and Mohler C.L. Weed management by upstate New York organic farmers: strategies, techniques and research priorities. *Renew. Agric Food Syst.* 2014. <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170514000192>.
- Gonzalez-Diaz L., Van Den Berg F., Van Den Bosch F. and Gonzalez-Andujar J.L. Controlling annual weeds in cereals by deploying crop rotation at the landscape scale: *Avena sterilis* as an example. *Ecol Appl.* 2012;(22):982–992.
- Feizabady A.Z. Effects of crop rotation and residue management on bread wheat. *African J Plant Sci.* 2013;7(5):176–184.
- Davis A.S. and Liebman M. Cropping system effects on giant foxtail (*Setaria faberi*) demography: green manure and tillage timing. *Weed Sci.* 2003;(51):919–929.
- Buhler D.D. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Sci.* 2002;(50):273–280.
- Chamanabad H.R.M., Ghorbani A., Asghari A., Tuliokov A.M. and Zargarzadeh F. Long-term effects of crop rotation and fertilizers on weed community in spring barley. *Turk J Agric.* 2009;(33):315–323.
- Arentoft B.W., Ali A., Streibig J.C. and Andreassen C. A new method to evaluate the weed-suppressing effect of mulches: a comparison between spruce bark and cocoa husk mulches. *Weed Res.* 2013;(53):169–175.
- Yeganehpour F., Salmasi S.Z., Abedi G., Samadiyan F. and Beyginiya V. Effects of cover crops and weed management on corn yield. *J Saudi Society of Agric Sci.* 2015;14(2):178–181.
- Talebbeigi R.M. and Ghadiri H. Effects of cowpea living mulch on weed control and maize yield. *J Biol Env Sci.* 2012;6(17):189–193.
- Mirsky S.B., Gallandt E.R., Mortensen D.A., Curran W.S. and Shumway D.L. Reducing the germinable weed seed bank with soil disturbance and cover crops. *Weed Res.* 2010;(50):341–352.
- Altieri M.A., Lana M.A., Bittencourt H.V., Kieling A.S., Comin J.J. and Lovato P.E. Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina. *Brazil J Sustain Agric.* 2011;(35):855–869.
- Haramoto E.R. and Gallandt E.R. Brassica cover cropping for weed management: a review. *Renew. Agric. Food Syst.* 2004;(19):187–198.
- Dube E., Chiduzo C., Muchaonyerwa P., Fanadzo M. and Mthoko T. Winter cover crops and fertiliser effects on the weed seed bank in a low-input maize-based conservation agriculture system. *South Afr J Plant Soil.* 2012;(29):195–197.
- Graglia E., Melander B. and Jensen R.K. Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping system. *Weed Res.* 2006;(46):304–312.
- Liebman M. and Davis A.S. Integration of soil, crop, and weed management in low external-input farming systems. *Weed Res.* 2000;(40):27–47.
- Jordan N.R., Zhang J. and Huerd S. Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. *Weed Res.* 2000;(40):397–410.
- Thorsted M.D., Olesen J.E. and Weiner J. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. *Field Crops Res.* 2006;(95):280–290.
- Yousefi A.R. and Rahimi M.R. Integration of soil-applied herbicides at the reduced rates with physical control for weed management in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Crop Prot.* 2014;(63):107–112.
- Jamshidi K., Yousefi A.R. and Oveisi M. Effect of cowpea intercropping on weed biomass and maize yield. *New Zeal. J Crop Hort.* 2013;41(4):180–188.
- Steinmaus S., Elmore C.L. and Smith R.J. Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. *Weed Res.* 2008;(48):273–281.
- Hollander N.G., Bastiaans L. and Kropff M.J. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. I. Characteristics of several clover species. *Eur J Agron.* 2007;26(2):92–103.
- Yadollahi P., Borjibad A.R., Khaje M., Reza M., Asgharipour and Amiri A. Effect of intercropping on weed control in sustainable agriculture. *Int J Agric and Crop Sci.* 2014;7(10):683–686.
- Saady H.S. Maize-cowpea intercropping as an ecological approach for nitrogen-use rationalization and weed suppression. *Archives of Agron Soil Sci.* 2015;(61):1–14.
- Mason H.E. and Spaner D. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: A review of the literature. *Can J Plant Sci.* 2006;(86):333–343.
- Matloob A., Khaliq and Chauhan B.S. Weeds of rice in Asia: problems and opportunities. *Adv. Agron.* 2014. P. 130. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron>.
- Khaliq A. and Matloob A. Weed crop competition period in three fine rice cultivars under direct seeded rice culture. *Pak J Weed Sci Res.* 2011;(17):229–243.
- Abdolraheem S. and Saadedipour S. Influence of seeding rate and reduced doses of super gallant herbicide on weed control, yield and component yield of mungbean. *Research J Env Sci.* 2015;(9):241–248.
- Olsen J.M., Griepentrog H.W., Nielsen J. and Weiner J. How important are crop spatial pattern and density for weed suppression by spring wheat. *Weed Sci.* 2012;(60):501–509.
- Kristensen L., Olsen J. and Weiner J. Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. *Weed Sci.* 2008;(56):97–102.
- Mahajan G. and Chauhan B.S. The role of cultivars in managing weeds in dry seeded rice production systems. *Crop Prot.* 2013;(49):52–57.
- Krikland K.J., Holm F.A. and Stevenson F.C. Appropriate crop seeding rate when herbicide rate is reduced. *Weed Tech.* 2000;(14):692–698.
- Fanadzo M., Chiduzo C. and Mkeni P.N.S. Effect of inter-row spacing and plant population on weed dynamics and maize yield at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. *African J Agric Res.* 2010;5(7):518–523.
- Drews S., Neuhoft D. and Kopke U. Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. *Weed Res.* 2009;(49):526–533.
- Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 392 с. [Borisov V.A. Fertilization system for vegetable crops. M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2016. 392 p. (In Russ.)].
- Abouziya H.F., Hafez O.M., El-Metwally I.M., Sharma S.D. Comparison of weed suppression and mandarin fruit yield and quality obtained with organic mulches, synthetic mulches, cultivation, and glyphosate. *Hort Sci.* 2008;(43):795–799.
- Major J., Steiner C., Ditommaso A., Falcao N.P. and Lehmann J. Weed composition and cover after three years of soil fertility management in the central Brazilian Amazon: compost, fertilizer, manure and charcoal applications. *Weed Biol Manag.* 2005;(5):69–76.
- Blackshaw R.E., Molnar L.J. and Janzen H.H. Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Sci.* 2004;(52):614–622.
- Dahal, Saugat and Tika B.K. Conservation agriculture based practices affect the weed dynamics in spring maize. *World J Agric Res.* 2014;2(6A):25–33.
- Feizabady A.Z. Effects of crop rotation and residue management on bread wheat.

- African J Plant Sci.* 2013;7(5):176–184.
52. Khankhane P.J., Barman K.K. and Varshney J.G. Effect of rice residue management practices on weed density, wheat yield and soil fertility in a swell-shrink soil. *Ind J Weed Sci.* 2009;(41):41–45.
53. Brar A.S. and Walia U.S. Rice residue management and planting techniques on herbicidal efficiency in relation to wheat productivity. In National Symposium on Integrated Weed Management in the Era of Climate Change, held at NAAS, New Delhi on 21–22 August, 2010. P. 7.
54. Chauhan B.S. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. *Weed Tech.* 2012;(26):1–13.
55. Singh R. Weed management in major kharif and rabi crops. In National Training on Advance in Weed Management, held at DWSR, Jabalpur, on 14–23 January, 2014. pp. 31–40.
56. Gianessi L.P., Reigner N.P. Review: the value of herbicides in U.S. Crop Production. *Weed Technol.* 2007;21(2):559–566.
57. Carr P.M., Gramig G.G. and Liebig M.A. Impacts of organic zero tillage systems on crops, weeds, and soil quality. *Sustainability.* 2013;5:3172–3201.
58. Han H., Ning T. and Li Z. Effects of tillage and weed management on the vertical distribution of microclimate and grain yield in a winter wheat field. *Plant Soil Env.* 2013;59(5):201–207.
59. Sharma V. and Angiras N. Effect of row orientations, row spacing and weed control methods on light interception, canopy temperature and productivity of wheat. *Ind J Agron.* 1996;(41):390–396.
60. Sans F.X., Berner A., Armengot L. and Mader P. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat–sunflower–spelt cropping sequence. *Weed Res.* 2011;(51):413–421.
61. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. М., ВНИИО, РАСХН, 2008. 771 с. [Litvinov S.S. Scientific foundations of modern vegetable growing. M., VNIIO, RAAS, 2008. 771 p. (In Russ.).]
62. Peter J.D., Monks W. and Katherine M.J. Effect of drip-applied herbicides on yellow nutsedge in plasticulture. *Weed Tech.* 2012;26(2):243–247.
63. Towa J.J. and Xiangping G. Effects of irrigation and weed control methods on growth of weed and rice. *Int J Agric and Biol Eng.* 2014;7(5):22–33.
64. Verma S.K. Enhancing sustainability in wheat production through irrigation regimes and weed management practices in eastern Uttar Pradesh. *The Ecoscan*, Special Issue. 2014;(6):115–119.
65. Daniel J.T., Templeton G.M., Smith R.J. and Fox W.T. Biological control of northern jointvetch in rice with an endemic fungal disease. *Weed Sci.* 1973;21(4):303–307.
66. Gnanavel I. Eco-friendly weed control options for sustainable agriculture. *Sci International.* 2015;3(2):37–47.
67. Kumar M., Ghorai A.K., Majumdar B., Mitra S. and Kundu D.K. Integration of Stale Seedbed with Herbicides for Weed Management in Jute and their Impact on Soil Microbes. *J Agri Search.* 2015;2(1):24–27.
68. Inderjit, Keating, K.I. Allelopathy: principles, procedures, processes, and promises for biological control. *Adv. Agron.* 1999;(67):141–231.
69. Grossman K., Hutzler J., Tresch S., Christiansen N., Looser R., Ehrhardt T. On the mode of action of the herbicides cinmethylin and 5-benzylloxymethyl-1,2-isoxazolines: putative inhibitors of plant tyrosine aminotransferase. *Pest Manag. Sci.* 2012;68(3):482–491.
70. Bingaman B.R., Christians N. E. Greenhouse screening of corn gluten meal as a natural control product for broadleaf and grass weeds. *HortScience.* 1995;30(6):1256–1259.
71. Meksawat S., Pornprom T. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. *Weed Biol. Manage.* 2010;10(1):16–24.
72. Sodaeizadeh H. and Hossein Z. Allelopathy an Environmentally Friendly Method for Weed Control. International Conference on Applied Life Sciences (ICALS 2012), Turkey, September 10–12, 2012. Pp. 387–392.
73. Zeng R.S. Allelopathy - the solution is indirect. *J Chem Ecol.* 2014;(40):515–516.
74. Farooq M., Jabran K., Cheema Z.A., Wahid A. and Siddique K.H.M. Role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Manag Sci.* 2011;(67):494–506.
75. Narwal S.S. and Haouala R. Role of allelopathy in weed management for sustainable agriculture. Allelopathy, Current Trends and Future Application Ed. Cheema, Farooq M and Wahid A. 2013. Pp 217–250.
76. Smeda R.J. and Weller S.C. Potential of rye for weed management in transplanted tomatoes. *Weed Sci.* 1996;(44):596–602.
77. Wu H. Molecular approaches in improving wheat allelopathy. In: Harper J.D.I., An M., Wu H., Kent J.H. (eds.), Proceedings of fourth world congress on allelopathy. 2005.
78. Zimdahl R.L. Fundamentals of weed science. Waltham MA: Academic Press, 2013. Pp. 295–344.
79. Ascard J., Hatcher P.E., Melander B. and Upadhyay M.K. Thermal weed control. (Eds M. K. Upadhyaya & R.E. Blackshaw). Non-chemical weed management. Principles, Concepts and technology. CABI, London, UK. 2007.
80. Pinel M.P.C., Bond W. and White J.G. Control of soil-borne pathogens and weeds in leaf salad monoculture by use of a self-propelled soil-steaming machine. *Acta Hort.* 2000;532(14):125–130. DOI: 10.17660/ActaHort.2000.532.14
81. Hansson D., Svensson S.E. Steaming soil in narrow strips for intra-row weed control in sugar beet. In: EWRS workshop on physical and cultural weed control, 6, Lillehammer, 2004.
82. Sjursen H., Netland J. Thermal weed control by steaming in vegetable crops. In: 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, 6., Lillehammer, 2004. Proceedings... Lillehammer: 2004. P. 179.
83. De-cauwer B., Bogaert S., Claerhout S., Bulcke R. and Reheul D. Efficacy and reduced fuel use for hot water weed control on pavements. *Weed Res.* 2015;(55):195–205.
84. Rask A.M., Kristofferssen P. and Andreassen C. Controlling grassy weeds on hard surface: effect of time intervals between flame treatments. *Weed Tech.* 2012;(26):83–88.
85. Brodie G., Ryan C. and Lancaster C. Microwave technologies as part of an integrated weed management strategy: a review. *Int J Agron.* 2011. doi:10.1155/2012/636905.
86. Andreassen C., Hansen L. and Streibig J.C. The effect of ultraviolet radiation on the fresh weight of some weeds and crops. *Weed Tech.* 1999;(13):554–560.
87. Diprose M.F. and Benson F.A. Electrical methods of killing plants. *J Agric Eng Res.* 1984;(29):197–209.
88. Johnson W.C., Benjamin G. and Mullinix J.R. Weed management in peanut using stale seedbed techniques. *Weed Res.* 1995;43(2):293–297.
89. Haidar M.A., Sidahmed M.M. Soil solarization and chicken manure for the control of *Orobanche crenata* and other weeds in Lebanon. *Crop Protec.* 2000;19(1):169–173.
90. Culman S.W., Duxbury J.M., Lauren J.G. and Thies J.E. Microbial community response to soil solarization in Nepal's rice-wheat cropping system. *Soil Biol Biochem.* 2006;(38):3359–3371.
91. Benloglu S., Boz O., Yildiz A., Kaskavalci G. and Benlioglu K. Alternative soil solarization treatments for the control of soil-borne diseases and weeds of strawberry in the Western Anatolia of Turkey. *J Phytopathol.* 2005;(153):423–430.
92. Stapleton J.J. Soil solarization in various agricultural production systems. *Crop Prot.* 2000;(19):837–841.
93. Vito M.D., Zaccheo G., Catalano F., Campanelli R. Effect of soil solarization and low doses fumigants control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Acta Hort.* 2000;532(1):171–173.
94. Silva P.V., Monquero P.A., Silva F.B., Bevilacqua N.C., Malardo M.R. Influence of sugarcane straw and sowing depth on the emergence of weed species. *Planta Daninha.* 2015;33(3):405–412.
95. Riley H., Brandsæter L.O., Danielsberg G. Mulching compared to physical weed control measures in organically grown vegetables. In: EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, 6., 2004, Lillehammer. Proceedings... Lillehammer: 2004.
96. Kurtar E.S., Çyvelek C. Influences of organic and conventional fertilizing and mulching on yield and quality of melon and watermelon under protected cultivation. In: International conference on organic agriculture in scope of environment problems, 2010, Famagusta. Proceedings... Famagusta: 2010. P. 51–54.
97. Abdul-Baki A.A., Teasdale J.M. A non-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulched. *Hortic. Sci.* 1993;28(2):106–108.
98. Hussein H.F., Radwan S.M.A. Associative action between bio-organic farming & safety weed control methods on pea productivity. In: Symposium on scientific research and technological development outlook in the arab world, 3, 2004, Cairo. Proceedings... Cairo: 2004.
99. McMillen M. The effect of mulch type and thickness on the soil surface evaporation rate. San Luis Obispo: Horticulture and Crop Science Department/California Polytechnic State University, 2013. P.1-14.
100. Берназ Н.И., Дунаева Ю.С. Перспективная система защиты свеклы от сорняков. *Картофель и овощи.* 2008;3:34–35. [Bernaz N.I., Dunaeva Yu.S. A promising beet weed protection system. Potatoes and vegetables. 2008; 3: 34–35].
101. Берназ Н.И., Ирков И.И. Гербициды на капусте при безрассадном способе выращивания. *Картофель и овощи.* 2018;8:17–18. [Bernaz N.I., Irkov I.I. Herbicides on cabbage with seedless cultivation. Potatoes and vegetables. 2018; 8: 17–18].
102. Берназ Н.И. Эффективность гербицидов в посевах моркови. *Вестник овощевода.* 2012;4:25. [Bernaz N.I. The effectiveness of herbicides in carrot crops. Vegetable grower bulletin. 2012; 4:25].
103. Ирков И.И., Берназ Н.И., Баргов Р.А., Алексеева К.Л. Защита лука. *Картофель и овощи.* 2016;7:14–17. [Irkov I.I., Bernaz N.I., Bagrov R.A., Alekseeva K.L. Bow protection. Potatoes and vegetables. 2016; 7: 14–17].
104. Pot V., Benoit P., Menn M.L., Eklo O.-M., Sveistrup T., Kværner J., Metribuzin transport in undisturbed soil cores under controlled water potential conditions: experiments and modeling to evaluate the risk of leaching in a sandy loam soil profile. *Pest Management Sci.* 2011;67(4):397–407.
105. Kewat M.L. Improved weed management in Rabi crops. National Training on Advances in Weed Management, 2014. Pp. 22–25.
106. Jabran K., Mahajan G., Sardana V. and Chauhan B.S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protec.* 2015;(72):57–65.
107. Duke S. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest Management Science.* 2012;(68):505–512.
108. Bechar A. and Vigneault C. Agricultural robots for field operations. part 2: Operations and systems. *Biosystems Engineering.* 2017;(153):110–128.
109. Utstumo T., Urdal F., Brevik A., Dorum J., Netland J., Overskeid O., Berge T.W., Gravidahl J.T. Robotic in-row weed control in vegetables. *Computers and Electronics in Agriculture.* 2018;(154):36–45. DOI: 10.1016/j.compag.2018.08.043.
110. Kunz C., Weber J.F., Peteinatos G.G., Sockefeld M., and Gerhards R. Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. *Precision Agriculture.* 2018;19(4):708–720.
111. Young S. L. Beyond precision weed control: A model for true integration. *Weed Technology.* 2018;32(1):7–10.
112. Wang P., Lombi E., Zhao F.J., Kopittke P.M. Nanotechnology: a new opportunity in plant science. *Trends Plant Sci.* 2016;(21):699–712.
113. Zhao X., Cui H., Wang Y., Sun C., Cui B., Zeng Z. Development Strategies and Prospects of Nano-based Smart Pesticide Formulation. *J. Agric. Food Chem.* 2018;(66):6504–6512.
114. de Oliveira J.L., Ramos C.E.V., Fraceto L.F. Recent Developments and Challenges for Nanoscale Formulation of Botanical Pesticides for Use in Sustainable Agriculture. *J. Agric. Food Chem.* 2018;(66):8898–8913.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-88-93>
УДК 631.81.095.337:633.852.52

Ю.Н. Куркина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

308007, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, корп. 14, ауд. 6-11, кафедра биотехнологии и микробиологии

*Автор для переписки: kurkina@bsu.edu.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Куркина Ю.Н. Структура микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного. *Овощи России*. 2022;(2):88-93. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-88-93>

Поступила в редакцию: 16.02.2022

Принята к печати: 07.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Yulia N. Kurkina

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National Research University» 85, Pobeda Street, part 14, office 6-11, Department of Biotechnology and Microbiology, 308015, Belgorod, Russia

*Corresponding author: kurkina@bsu.edu.ru

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

For citations: Kurkina Yu.N. Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):88-93. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-88-93>

Received: 16.02.2022

Accepted for publication: 07.04.2022

Published: 25.04.2022

Структура микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса культурного



Резюме

Актуальность. Семена арахиса богаты маслами, белком, углеводами, витаминами и флавоноидами, поэтому широко используются в производстве продуктов питания, кормов, биодизеля, а также в медицине. При возделывании арахиса обязательно встает проблема снижения урожайности, а порой и качества семян, из-за воздействия фитопатогенных микроскопических грибов, а главными факторами передачи инфекционного начала являются почва и растительные остатки. Система защиты растений должна базироваться на знаниях структуры микокомплексов ризосферы и филлопланы.

Методы. На типичном черноземе на естественном инфекционном фоне в г. Белгороде (Россия) изучали образец арахиса культурного V-2012 (Вьетнам) из коллекции кафедры биотехнологии и микробиологии Института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ». Анализировали видовой состав микроскопических грибов ризосферы арахиса в сравнении с парящей почвой (контроль), обнаруженный методом высева почвенных разведений и образцов листьев на плотные питательные среды с последующей идентификацией до вида.

Результаты. По сравнению с контрольной почвой, микокомплекс ризосферы арахиса (значение индекса Шеннона на уровне 2,5 и 2,7 в ризосфере и контроле соответственно) отличался меньшей степенью разнообразия и степенью сходства почвенных образцов высокая (коэффициент Жаккара составил 50%), а это значит, что возделывание арахиса незначительно влияет на состав и структуру типичного чернозема. В ризосфере арахиса наблюдалось снижение частоты встречаемости фитопатогенного вида *F. oxysporum*, что может быть связано с повышением ранга в микокомплексе микофильного вида *T. lignorum*. Чувствительными к возделыванию арахиса видами оказались *Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum*. Пятнистость листьев арахиса ежегодно вызывал вид *Alternaria alternate*, способный приводить к снижению продуктивности семян до 80%.

Ключевые слова: арахис, фитопатогены, альтернариоз, микромицеты, индикаторные виды, биотестирование, болезни растений, продуктивность семян

Structure of rhizosphere mycocomplexes and phyloplanes of cultural peanuts

Abstract

Relevance. Peanut seeds are rich in oils, protein, carbohydrates, vitamins and flavonoids, therefore they are widely used in the production of food, feed, biodiesel, as well as in medicine. When cultivating peanuts, the problem of reducing the yield and sometimes the quality of seeds necessarily arises due to the impact of phytopathogenic microscopic fungi, and the main factors in the transmission of the infectious principle are soil and plant residues. The plant protection system should be based on knowledge of the structure of mycocomplexes of the rhizosphere and phylloplane.

Methods. On a typical black soil on a natural infectious background in Belgorod (Russia), a sample of cultural peanuts V-2012 (Vietnam) from the collection of the Department of Biotechnology and Microbiology of the Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the National Research University "BelSU" was studied. The species composition of microscopic fungi in the peanut rhizosphere was analyzed in comparison with fallow soil (control), which was found by seeding soil dilutions and leaf samples on dense nutrient media, followed by identification to species.

Results. Compared with the control soil, the mycocomplex of the peanut rhizosphere (the Shannon index value at the level of 2.5 and 2.7 in the rhizosphere and control, respectively) was characterized by a lower degree of diversity and the degree of similarity of soil samples was high (the Jaccard coefficient was 50%), which means that the cultivation of peanuts has little effect on the composition and structure of a typical black soil. In the peanut rhizosphere, a decrease in the frequency of occurrence of the phytopathogenic species *F. oxysporum* was observed, which may be associated with an increase in the rank in the mycocomplex of the mycophilic species *T. lignorum*. *Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum* species were found to be sensitive to peanut cultivation. Peanut leaf spot was caused annually by the species *Alternaria alternate*, which can lead to a decrease in seed productivity up to 80%.

Keywords: peanuts, phytopathogens, alternariosis, micromycetes, indicator species, biotesting, plant diseases, seed productivity

Введение

Бобовое растение арахис культурный (*Arachis hypogaea* L.) считается королем масличных культур, его так и называют – «King of oil seeds», т.к. семена его содержат около 60% масла, до 33% белка, до 20% углеводов, рекордное количество олеиновой кислоты (более 75%) и около 4% клетчатки, а также соли кальция, магния, железа, витамины группы В, С, Е, РР, биотин, бетаин, холин, тритерпеновые сапонины, фитостеролы, флавоноиды [1]. В масле арахиса 80% ненасыщенных (линоленовая, эруковая, эйкозеновая) и 20% насыщенных (пальмитиновая, арахидиновая, стеариновая, миристиновая, лигноцеридовая, бегоновая) жирных кислот. Белок арахиса отличается легкой усваиваемостью, содержанием глобулинов арахина и конарахина, незаменимыми аминокислотами, такими как аргинин, лизин, гистидин, триптофан, цистин [2], поэтому семена арахиса используют в качестве растительного источника полноценного белка, токоферолов и полиненасыщенных жирных кислот в продуктах функционального назначения [3], что способствует политике государства в области совершенствования тенденции здорового питания населения [4-7]. Масло арахиса применяют в качестве салатного, а также в производстве десертов, кормов и даже биодизеля [8] и содержит оно почти половину из необходимых витаминов, а также непредельные жиры, необходимые для понижения уровня холестерина в крови [9]. В народной медицине семена арахиса применяют как седативное средство, а в современной официальной медицине и используются антиоксидантные, бактерицидные, противовирусные, регенерирующие, слабительные, обволакивающие, гемостатические, противосудоржные и обезболивающие свойства масла, семян и экстрактов кожуры арахиса [10].

И хотя площади возделывания арахиса в мире составляют более 24 млн. га в 100 странах, Россия пока входит в число стран-покупателей [8, 11].

Одной из глобальных проблем является снижение потерь урожая сельскохозяйственных культур от воздействия патогенов. Известно более 10 тыс. видов грибов-фитопатогенов, как значительно снижающих продуктивность культур, так и ухудшающих качество продукции [12, 13]. Одним из главных факторов передачи инфекционного начала являются почва и растительные остатки, где микроскопические грибы могут сохраняться до 10 лет [14]. При интродукции и селекции арахиса следует учитывать, что его бобы и семена являются объектом особого риска из-за контаминации потенциально патогенными микромицетами [15-18]. С целью защиты арахиса при возделывании необходимо знать структуру микокомплексов как зоны ризосферы, так и филлопланы здоровых растений на естественном инфекционном фоне, что и стало целью наших исследований.

Материалы и методы исследования

Изучали образец арахиса культурного V-2012 (Вьетнам) из коллекции кафедры биотехнологии и микробиологии Института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ» в 2012-2014, 2017-2020 годах на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ» (г. Белгород). Посев проводили по схеме 50x20 см на

обыкновенном черноземе с рН водной вытяжки 7,6 по методике Б.А. Доспехова (1985). Отбор проб проводили в фазу бутонизации – начала цветения растений. Почвенные образцы отбирали асептически, численность грибных пропагул определяли после отбора проб посевом водных разведений на плотные питательные среды и выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г сухой почвы. Контролем служила парующая почва. Выделяли грибы методом почвенных разведений с последующим глубинным посевом на плотные питательные среды Чапека, Сабуро и КМА (картофельно-морковный агар). Материалом лабораторного изучения филлопланы служили листья арахиса. Количественный учет колоний грибов проводили на 7-14-е сутки инкубирования при 23±2°C.

Определение грибов проводили до вида по совокупности морфологических и культуральных признаков. Структуры микокомплексов ризосферы и филлопланы арахиса описывали с учетом пространственной и временной частот встречаемости видов и их обилия. Определили долю типичных видов в микокомплексе. Влияние прижизненных корневых экссудатов арахиса на типичный чернозем оценили с помощью коэффициента Жаккара. Оценку биоразнообразия комплексов микромицетов филлопланы проводили с помощью индекса Шеннона [19, 20].

Учитывая, что темноокрашенные микромицеты могут накапливаться в почвах агроценозов, по литературным источникам определили принадлежность выделенных видов микромицетов к группам оппортунистических и аллергенных организмов [21].

Статистический анализ проводили с расчетом среднего арифметического, ошибки среднего, критерия Стьюдента с использованием методов вариационной статистики в компьютерной программе Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Для характеристики своеобразия состава видов грибов разных типов почв используется понятие комплекса типичных видов, который выделяется на основе пространственной и временной частоты встречаемости вида. Многие антропогенные воздействия могут изменять структуру комплексов почвенных грибов, в том числе и выделения растений [22, 23].

В составе контрольных почвенных образцов доминантные виды не обнаружены (табл.). Всего выявлено 17 видов из 11-ти родов микроскопических грибов, а частым и в данном комплексе оказались 2 вида (*Aspergillus ochraceus* и *Rhizopus microsporus*), редких видов было 6, остальные 9 видов не относились к типичным видам и отнесены в ранг случайных. В микокомплексе ризосферы арахиса культурного выделены 15 видов из 9-ти родов микромицетов, среди которых в ранге частых оказались 4 вида, редких – 2 и 9 видов отнесены к случайным. По сравнению с контрольной почвой, микокомплекс ризосферы арахиса отличался меньшей степенью разнообразия, о чем свидетельствуют и значения индекса Шеннона (табл.). В целом же, степень сходства почвенных образцов высокая, так как коэффициент Жаккара составил 50%, а это значит, что возделывание арахиса незначительно влияет на состав и структуру почвенных комплексов.

Таблица. Видовой состав почвенных микокомплексов
Table. Species composition of soil mycosomes

Виды грибов	Значимость видов в почвенном комплексе		Реакция вида гриба на арахис
	контроль	под арахисом (КОЕ)*	
<i>Acremonium strictum</i> W. Gams	С	С (0,6)	У
<i>Actinomucor elegans</i> (Eidam) C.R. Benj. & Hesselt.	-	Р (4,1)	Н
<i>Alternaria alternate</i> (Fr.) Keissl.	-	С (1,2)	Н
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M.B. Ellis	С	-	ЧВ
<i>Aspergillus candidus</i> Link	Р	Ч (4,5)	И
<i>A. flavus</i> Link	С	С (0,1)	У
<i>A. nidulans</i> (Eidam) G. Winter	С	С (0,2)	У
<i>A. niger</i> Tieghem	Р	Р (4,3)	У
<i>A. ochraceus</i> Wilh.	Ч	С (0,4)	ЧВ
<i>A. terreus</i> Thom	Р	-	ЧВ
<i>A. ustus</i> (Bainier) Thom & Church	Р	С (1,8)	ЧВ
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	-	С (2,5)	Н
<i>Candida albicans</i> (C.P. Robin) Berkhout	Р	-	ЧВ
<i>Cladosporium epiphyllum</i>	-	С (0,1)	Н
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn	С	-	ЧВ
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	Р	С (0,7)	ЧВ
<i>Penicillium funiculosum</i> Thom	С	Ч (4,1)	И
<i>Rhizopus microsporus</i> Tiegh.	Ч	Д (11,2)	И
<i>Torula lucifuga</i> Oudem.	С	-	Ч
<i>Trichoderma lignorum</i> (Tode) Harz	С	Ч (4,8)	И
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Link	С	-	ЧВ
Всего видов	17	15	
Коэффициент Жаккара, %	50%		
Индекс Шеннона	2,7	2,5	
Доля оппортунистических видов, %	59	69	
Доля аллергенных видов, %	24	23	

Условные обозначения видов: * – численность грибных пропагул (тыс. КОЕ/г); Д – доминантный, Ч – частый, Р – редкий, С – случайный, ЧВ – чувствительный, У – устойчивый, И – индикаторный, Н – нехарактерный для контроля (заносной вид)

По сравнению с контрольной почвой под арахисом в фазу цветения в ризосферном микокомплексе не встречались 2 типичных (рангом выше случайного) для контроля вида (*A. terreus* и *Candida albicans*), но появился редкий вид *Actinomucor elegans* и случайные виды *A. versicolor*, *Alternaria alternate* и *Cladosporium epiphyllum*. Грибы *A. candidus*, *Penicillium funiculosum*, *Rhizopus microsporus*, *Trichoderma lignorum* повысили ранг до частого, а частый вид *A. ochraceus* и редкие виды *A. ustus*, *Fusarium oxysporum* перешли в ранг случайных. Редким

видом в сравниваемых образцах оказался – *A. niger*, случайными – виды *Acremonium strictum*, *A. flavus* и *A. nidulans*.

Выявлены наиболее показательные виды грибов для биоиндикации почвы (см. таблицу). Грибы, которые не выделялись под арахисом или резко снижали ранг по сравнению с контрольной почвой, отнесены в группу чувствительных к воздействию прижизненных корневых экссудатов растений. Если ранг вида не изменялся в вариантах опыта, то вид отнесен к устойчивым. Индикаторными считали виды микромицетов, для которых характерно

повышение ранга доминирования. В группу чувствительных к возделыванию арахиса видов типичного чернозема отнесены *Arthrinium phaeospermum*, *A. ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *C. albicans*, *Curvularia lunata*, *F. oxysporum*. Микромицетами с индикаторными особенностями оказались виды *A. candidus*, *P. funiculosum*, *Rh. microspores*, *T. lignorum*. Виды *A. strictum*, *A. flavus*, *A. nidulans*, *A. niger*, отмечены как устойчивые и остальные 4 вида оказались нехарактерными для контроля (см. таблицу).

Наблюдалось снижение частоты встречаемости фитопатогенного вида *F. oxysporum*, что может быть связано с повышением ранга в комплексе микромицетов под арахисом микофильного вида *T. lignorum*. Известно, что триходерма затрудняет развитие других видов микромицетов как контактно, гиперпаразитируя, так и дистантно, синтезируя микотоксины, а окультуривание почвы благоприятно для развития триходерм [24]. Частый в контрольной почве вид *Rh. microspores* в ризосфере арахиса повысил ранг до доминантного, что может объясняться большим (по сравнению с контролем) содержанием слабо разложившихся органических веществ.

Среди типичных видов почвенных комплексов в нашем исследовании обнаружены грибы из родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Candida*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, способные провоцировать микогенные аллергии, в основе которых лежит аллергия организма антигенами мицелиальных грибов [25], с долей в микокомплексах 23-24% (табл.).

Определены и грибы, в литературе описанные как оппортунистические, то есть способные быть причиной микозов у людей с ослабленным иммунитетом [26], например, *Candida albicans* и представители родов *Aspergillus*, *Fusarium* и *Trichoderma*, выделены из микокомплексов с долей 59-69% (с повышением доли под арахисом).

Микромицеты в подавляющем своем большинстве являются убиквидами, т.е. способными развиваться на поверхности всех органов растений [27]. В филлосфере арахиса выявлены 9 видов микроскопических грибов из 8 родов (рис. 1), причем, 8 видов не были обнаружены при изучении почвенных образцов.

На растениях арахиса культурного значительные доли характерны для фитопатогенных грибов *Macrophomina phaseolina*, *Ulocladium chartarum*, *Cladosporium cladosporioides* (рис. 2. А-В) и *Colletotrichum*

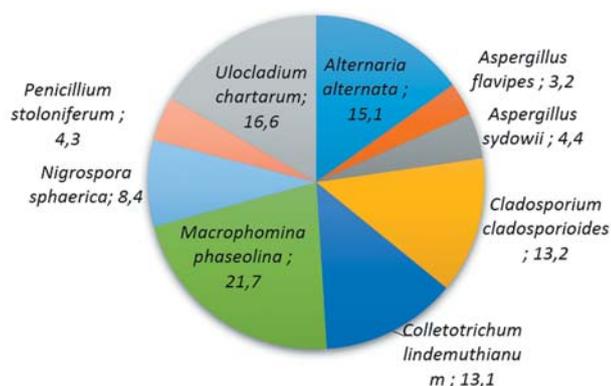
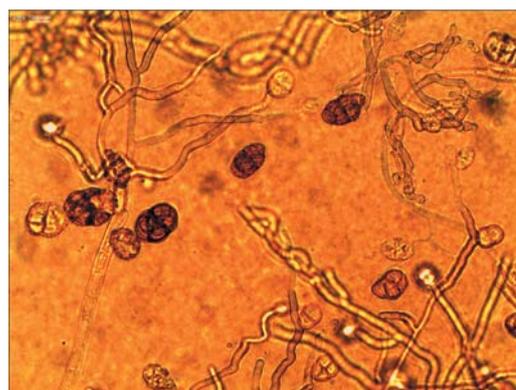


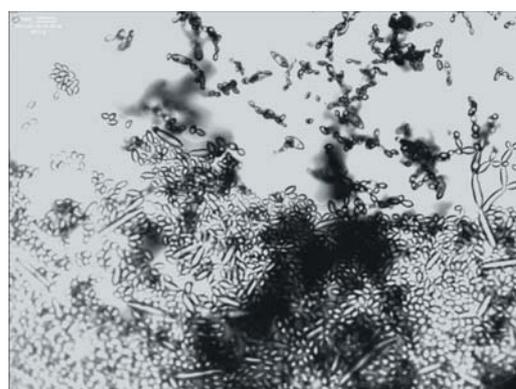
Рис. 1. Видовой состав микромицетов филлосферы арахиса культурного и доля каждого вида в комплексе (%)
Fig. 1. Species composition of microfungi of cultural peanut phyllosphere and share of each species in the complex (%)



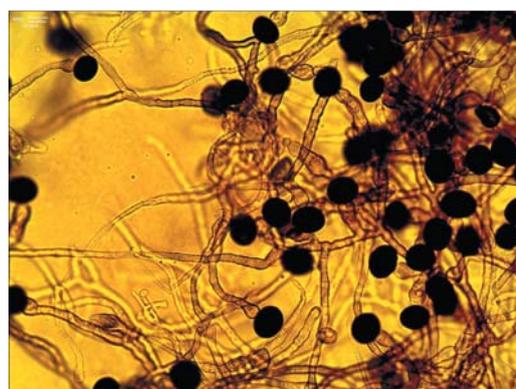
А.



Б.



В.



Г.

Рис. 2. Микрофотографии выделенных из филлосферы арахиса *Macrophomina phaseolina* (А) при ув. 100 \times , *Ulocladium chartarum* (Б), *Cladosporium cladosporioides* (В) и *Nigrospora sphaerica* (Г) при ув. 400 \times
Fig. 2. Micrographs of *Macrophomina phaseolina* isolated from the peanut phyllosphere (А) at uv. 100 \times , *Ulocladium chartarum* (Б), *Cladosporium cladosporioides* (С) and *Nigrospora sphaerica* (D) at SW. 400 \times



А.



Б.

Рис. 3. Проявления альтернариоза листьев арахиса (А) и конидии *Alternaria alternata* при ув. 400Ч (Б)
Fig. 3. Manifestations of alternariosis of peanut leaves (A) and conidia *Alternaria alternata* at SW. 400Ч (B)

lindemuthianum, которые вызывали склероциальную гниль, красную пятнистость, кладоспориоз и антракноз у бобовых культур. Также в комплексе микромицетов филлопланы выявлен вид *Nigrospora sphaerica* (рис. 2. Г), который является возбудителем нигроспороза растений [28-30].

За все годы изучения вегетации арахиса в Белгороде ежегодно отмечались симптомы альтернариоза. На рисунке 3 хорошо заметна краевая пятнистость листовых пластинок арахиса.

В среднем по годам на посевах арахиса альтернариоз проявлялся на 6-18% растений и приводил к недобору 21-80% продуктивности семян. Причем, страдала, как вегетативная, так и генеративная части растений (рис. 4). Так, растения с альтернариозной пятнистостью (больные) были в 1,7 раза ниже, имели в 1,4 раза меньше боковых побегов, а индивидуальная продуктивность семян была ниже в 3,6 раза.

Таким образом, изучение вегетации арахиса на естественном инфекционном фоне в почвенно-климатических условиях г. Белгорода выявлены 15 видов микроскопических грибов в ризосфере и 9 видов – в филлоплане арахиса. Большинство (69%) микромицетов ризосферы арахиса являются оппортунистическими и 23% могут вызывать у человека аллергии.

При выращивании арахиса выявлены чувствительные (*Aspergillus ochraceus*, *A. terreus*, *A. ustus*, *Candida albicans*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichothecium roseum*) и индикаторные (*Aspergillus candidus*, *Penicillium funiculosum*, *Rhizopus microspores*, *Trichoderma lignorum*) к прижизненным корневым экссудатам виды.

Представители темноокрашенных гифомицетов *Alternaria alternate* присутствовали в ранге случайного вида в ризосфере арахиса и были обнаружены в его филлоплане. Кроме того, этот вид являлся причиной альтернариозной пятнистости и в отдельные годы приводил к потере 80% семян арахиса. Поэтому, изучение характеристик болезней арахиса в агрофитоценозе должно послужить обоснованием для разработки и применения современных методов защиты растений. В связи с чем чрезвычайно актуально контролировать рост микроскопических грибов в ризосфере и филлоплане культурных растений.

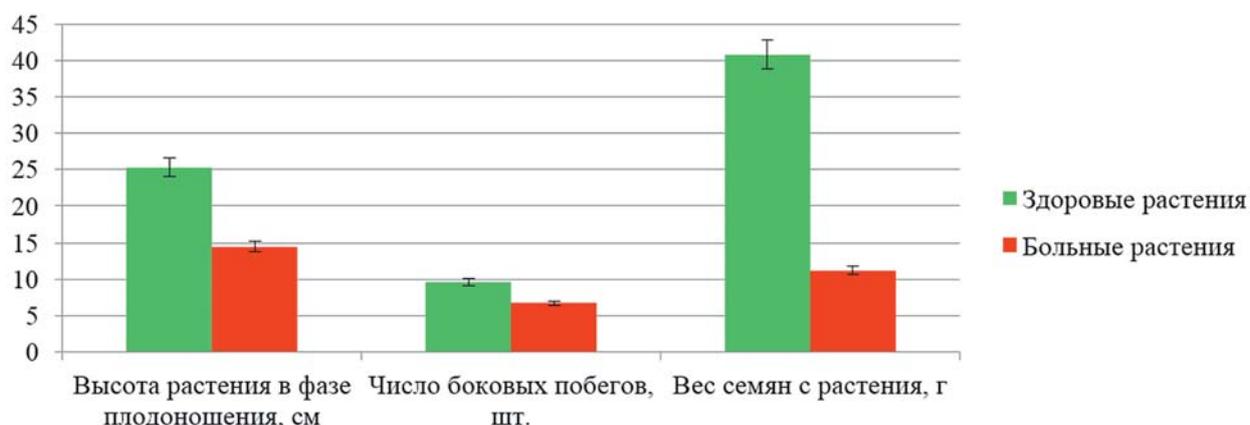


Рис. 4. Сравнение показателей здоровых (без признаков поражения) и больных (с альтернариозной пятнистостью) растений арахиса культурного (данные 2014 г., когда поражение альтернариозом было наибольшим)
Fig. 4. Comparison of indicators of healthy (without signs of damage) and diseased (with Alternarioid spotting) of cultivated peanut plants (data of 2014, when the defeat of Alternariosis was the greatest)

Об авторе:

Юлия Николаевна Куркина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800

About the author:

Yulia N. Kurkina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, <https://orcid.org/0000-0001-9180-1257>, Scopus Author ID 5702176800

• **References**

1. Кишлян Н.В., Бемова В.Д., Матвеева Т.В., Гаврилова В.А. Биологические особенности и возделыванием арахиса (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):119-127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127
2. Wang M.L., Khera P., Pandey M.K., Wang H., Qiao L., Feng S. et al. Genetic Mapping of QTLs Controlling Fatty Acids Provided Insights into the Genetic Control of Fatty Acid Synthesis Pathway in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plos one*. 2015;10(4):e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
3. Стриженко АВ, Яковлева ТВ. Продукты переработки семян арахиса в рецептурах бисквитных полуфабрикатов функционального назначения. *Научно-теоретический журнал*. 2015;(1):176-179.
4. Козубаева ЛА, Кузьмина СС. Перспективы применения арахиса в производстве калкейков. *Ползуновский вестник*. 2021;(2):20-26. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.
5. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ №642 от 01.12.2016. Собрание законодательства Российской Федерации, 2016;(49):6887.
6. Михайлов В.А., Вершинина О.Л., Росляков Ю.Ф., Шпаков А.В. Характеристика семян арахиса и их применение в хлебопечении. *Успехи современного естествознания*. 2005;(5):55. ID: 12931401.
7. Елисеева Л.Г., Юрина О.В., Луценко Л.М. Эффективность использования природных антиоксидантов для увеличения срока хранения ореховых снежков. *Пищевая промышленность*, 2015;(12):30-34. ID: 25668763.
8. Туз Р.К., Подольная Л.П., Асфандиярова М.Ш., Дубовская А.Г., Еремин В.А., Мигачева Е.О. Изменчивость образцов арахиса селекции ВНИИМК в условиях Астраханской области. *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2018;4(176):64-67. DOI 10.25230/2412-608X-2018-3-175-64-67.
9. Михайлов В.А., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф., Дамения М.Е. Микробиологическая характеристика семян арахиса, используемых в хлебопечении. *Успехи современного естествознания*. 2005;(5):56.
10. Кароматов И.Д., Халилова Р.С. Лечебные свойства арахиса. *Электронный научный журнал «Биология и интегрированная медицина»*. 2019;1(29):227-235.
11. Ракозов Ш.И., Мирзоев Д.М., Кононенко Г.П., Буркин А.А. Микотоксины в бобах арахиса, выращенного в Таджикистане. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2018;4(28):74-79. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201804011.
12. Семенкова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология. М.: Академия, 2003.
13. Метлицкий Л.В., Озерковская О.Л. Как растения защищаются от болезней. М.: Наука, 1985.
14. Жернов Г.О. Видовой состав, биологические особенности возбудителей болезней в агрофитоценозе сои и агроэкологическая оценка приемов защиты в Курганской области. Дис. ... канд. биол., 2014. 157 с.
15. Gonzalez E., Nogueira J.Y., Fonseca H. et al. Mycobiota and mycotoxins in Brazilian peanut kernels from sowing to harvest. *Int. J. Food Microbiol.* 2008;(123):184-190.
16. Mphande F.A., Siame B.A., Taylor J.E. Fungi, aflatoxins and cyclopiazonic acid associated with peanut retailing in Botswana. *J. Food Prot.* 2004;(67):96-102.
17. Novas M.V., Cabral D. Association of mycotoxin and sclerotia production with compatibility groups in *Aspergillus flavus* from peanut in Argentina. *Plant Dis.* 2002;(86):215-219.
18. Pildain M.B., Vaamonde G., Cabral D. Analysis of population structure of *Aspergillus flavus* from peanut based on vegetative compatibility, geographic origin, mycotoxin and sclerotia production. *Int. J. Food Microbiol.* 2004;(93):31-40.
19. Tresner H.D., Bacus M.P., Curtis I.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in Southern Wisconsin. *Mycologia*. 1954;46(3):314.
20. Zak J.C., Willig M.R. Fungal biodiversity patterns. In: Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. USA: Elsevier Academic Press, 2004. P.59-75.
21. Чудинова Ю.В., Наплекова Н.Н. Влияние микроорганизмов из ризосферы льна на всхожесть и рост ростков и корневой редиса. *Вестник Алтайского ГАУ*. 2009;57(7):14-18.
22. Берсенева О.А., Саловарова В.П., Приставка А.А. Почвенные микромицеты основных природных зон. *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. 2008;1(1):3-9.
23. Kurkina Yu.N., Nguen T-L., Huong, Ngo T-D, Kieu, Lasarev A.V. Pathogenicity of micromycete strains isolated from the Legume rhizosphere and phylloplane. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(2):14441-14445.
24. Сенчакова Т.Ю., Свистова И.Д. Спектр биологической активности микромицетов чернозема. *Проблемы медицинской микологии*. 2009;11(1):30-33.
25. Кочкина Г.А., Иванушкина Н.Е., Зякун А.М., Рачиба М.Г., Озерская С.М. Мицелиальные аллергенные грибы на сухом пищевом и лекарственном растительном сырье. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, 2004;(1):49-55.
26. Кузикова И.Л., Медведева Н.Г. Оппортунистические грибы – контаминанты среды обитания человека и их потенциальная патогенность. *Экология человека*. 2021;(3):4-14.
27. Скоробогатова РА, Шинкель ТВ, Малащичка НВ, Жебрак ИС. Микобиота пищевых и лекарственных субстратов из растений. *Современная микология в России. Том 2. Материалы второго съезда микологов России*, 2008. С.105-106.
28. Станчева И. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 4. Болезни технических культур, 2003.
29. Хохряков М.К., Доброзракowa Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений, 2003.
30. Куркина Ю.Н. Болезни овощных бобов, вызываемые микроскопическими грибами. *Овощи России*. 2018;(3):99-104. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-99-104>

• **References**

1. Kishlyan N.V., Bemova V.D., Matveeva T.V., Gavrilova V.A. Biological peculiarities and cultivation of groundnut (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020;181(1):119-127. (In Russ.) DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127
2. Wang M.L., Khera P., Pandey M.K., Wang H., Qiao L., Feng S. et al. Genetic Mapping of QTLs Controlling Fatty Acids Provided Insights into the Genetic Control of Fatty Acid Synthesis Pathway in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plos one*. 2015;10(4):e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
3. Strizhenko A.V., Yakovleva T.V. Processing products of peanut seeds in the recipes of biscuit semi-finished products for functional purposes. *Scientific and theoretical journal*, 2015;(1):176-179. (In Russ.)
4. Kozubaeva L.A., Kuzmina S.S. Prospects for the use of peanuts in the production of cupcakes. *Polzunovskiy vestnik*. 2021;(2):20-26. (In Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.
5. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 642 dated 01.12.2016. Collection of legislation of the Russian Federation. 2016;(49):6887. (In Russ.) URL: <https://www.prib.ru/en/node/680193>
6. Mikhailov V.A., Verшинina O.L., Roslyakov Yu.F., Shpakov A.V. Characteristics of peanut seeds and their use in baking. *Successes of modern natural science*. 2005;(5):55. ID: 12931401. (In Russ.)
7. Eliseeva L.G., Yurina O.V., Lutsenko L.M. The effectiveness of using natural antioxidants to increase the shelf life of nut snacks. *Food industry*. 2015;(12):30-34. ID: 25668763. (In Russ.)
8. Tuz R.K., Podolnaya L.P., Asfandiyarova M.Sh., Dubovskaya A.G., Eremin V.A., Migacheva E.O. Variability of peanut samples of VNIIMK breeding in the conditions of the Astrakhan region. *Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2018;(4):176. (In Russ.)
9. Mikhailov V.A., Gonchar V.V., Roslyakov Yu.F., Damiya M.E. Microbiological characteristics of peanut seeds used in baking. *Successes of modern natural science*. 2005;(5):56. (In Russ.)
10. Karomatov I.D., Khalilova R.S. Medicinal properties of peanuts. *Electronic scientific journal "Biology and integrated medicine"*. 2019;1(29):227-235. (In Russ.)
11. Razokov Sh.I., Mirzoev D.M., Kononenko G.P., Burkin A.A. Mycotoxins in peanut beans grown in Tajikistan. *Russian journal "Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology"*. 2018;4(28):74-79. (In Russ.) DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201804011
12. Semenkova I.G., Sokolova E.S. Plant pathology. 2003. (In Russ.)
13. Metlitsky L.V., Ozerkovskaya O.L. How do plants protect themselves from disease. 1985.
14. Zhernov G.O. Species composition, biological characteristics of pathogens in soybean agrophytocenosis and agroecological assessment of protection methods in the Kurgan region. 2014. 157 p. (In Russ.)
15. Gonzalez E., Nogueira J.Y., Fonseca H. et al. Mycobiota and mycotoxins in Brazilian peanut kernels from sowing to harvest. *Int. J. Food Microbiol.* 2008;(123):184-190.
16. Mphande F.A., Siame B.A., Taylor J.E. Fungi, aflatoxins and cyclopiazonic acid associated with peanut retailing in Botswana. *J. Food Prot.* 2004;(67):96-102.
17. Novas M.V., Cabral D. Association of mycotoxin and sclerotia production with compatibility groups in *Aspergillus flavus* from peanut in Argentina. *Plant Dis.* 2002;(86):215-219.
18. Pildain M.B., Vaamonde G., Cabral D. Analysis of population structure of *Aspergillus flavus* from peanut based on vegetative compatibility, geographic origin, mycotoxin and sclerotia production. *Int. J. Food Microbiol.* 2004;(93):31-40.
19. Tresner H.D., Bacus M.P., Curtis I.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in Southern Wisconsin. *Mycologia*. 1954;46(3):314.
20. Zak J.C., Willig M.R. Fungal biodiversity patterns. In: Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. USA: Elsevier Academic Press, 2004. P.59-75.
21. Chudinova Yu.V., Naplekova NN. Influence of microorganisms from the flax rhizosphere on the germination and growth of radish sprouts and roots. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2009;57(7):14-18. (In Russ.)
22. Berseneva O.A., Salovarova V.P., Prefix A.A. Soil micromycetes of the main natural zones. *News of the Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"*. 2008;1(1):3-9. (In Russ.)
23. Kurkina Yu.N., Nguen T-L., Huong, Ngo T-D, Kieu, Lasarev A.V. Pathogenicity of micromycete strains isolated from the Legume rhizosphere and phylloplane. *International Journal of Pharmacy and Technology*. 2016;8(2):14441-14445.
24. Senchakova T.Yu., Svistova I.D. Spectrum of biological activity of chemozem micromycetes. *Problems of medical mycology*. 2009;11(1):30-33. (In Russ.)
25. Kochkina G.A., Ivanushkina N.E., Zyakun A.M., Rachiba M.G., Ozerkaya S.M. Mycelial Allergenic Fungi on Dry Foodstuffs and Medicinal Herbs. *Immunopathology, allergology, infectology*. 2004;(1):49-55. (In Russ.)
26. Kuzikova I.L., Medvedeva N.G. *Human Ecology*. 2021;(3):4-14. (In Russ.)
27. Skorobogatova R.A., Shinkel T.V., Malashchitskaya N.V., Zhebrak I.S. Mycobiota of food and medicinal substrates from plants. *Modern mycology in Russia. Volume 2. Materials of the second congress of mycologists of Russia*. 2008. P.105-106. (In Russ.)
28. Stancheva Y. Atlas of diseases of agricultural crops. T.4. Diseases of industrial crops. 2003. (In Russ.)
29. Khokhryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. Key to Plant Diseases. 2003. (In Russ.)
30. Kurkina Yu.N. Diseases of broad beans caused by microscopic fungi. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(3):99-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-99-104>

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-94-97>

О.Н. Пышная,
Л.К. Гуркина,
Е.В. Пинчук

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

*Автор для переписки: techh620@yandex.ru

Ключевые слова: юбилей, ученый, селекция, овощеводство

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Вся жизнь – в науке. Овощи России. 2022;(2):94-97.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-94-97>

Поступила в редакцию: 15.04.2022

Принята к печати: 21.04.2022

Опубликована: 25.04.2022

Olga N. Pyshnaya,
Lyubov K. Gurkina,
Elena V. Pinchuk

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

*Corresponding author: techh620@yandex.ru

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

For citations: Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. All life is in science. Vegetable crops of Russia. 2022;(2):94-97.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-94-97>

Received: 15.04.2022

Accepted for publication: 21.04.2022

Published: 25.04.2022

Вся жизнь – в науке



Резюме

В статье изложен жизненный и творческий путь известного ученого, крупного специалиста в области экологии, селекции и семеноводства овощных культур, академика РАН, Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии и премий Правительства РФ Пивоварова Виктора Фёдоровича.

Ключевые слова: юбилей, ученый, селекция, овощеводство



All life is in science

Abstract

The article describes the life and creative path of the famous scientist, a prominent specialist in the field of ecology, breeding and seed production of vegetable crops, academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, laureate of the State Prize and the Prizes of the Government of the Russian Federation Viktor Fedorovich Pivovarov.

Keywords: anniversary, scientist, selection, vegetable production



18 апреля 2022 года исполнилось 80 лет со дня рождения и 58 лет трудовой, научной и педагогической деятельности научного руководителя ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» Виктора Федоровича Пивоварова, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика РАН, Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Государственной премии по науке и технике и премии Правительства РФ (2013 год, 2021 год).

В.Ф. Пивоваров – ведущий ученый в области экологии, селекции и семеноводства овощных культур, внесший значительный вклад в решение одной из главных задач растениеводства – повышения адаптивности сельскохозяйственных растений к экологическим условиям.

Он является основоположником нового научного направления исследований, базирующегося на последовательном использовании различных эколого-географических зон как естественных фитотронов для ускорения и повышения эффективности селекционного процесса.

В.Ф. Пивоваровым создана научная школа экологической селекции высококачественных сортов и гетерозисных гибридов овощных культур с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам, высоким потенциалом адаптивности, повышенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантов, устойчивостью к накоплению экотоксикантов.

Детство и юность В.Ф. Пивоварова связаны с Пензенской областью. Его трудовая деятельность началась после окончания Пензенского сельскохозяйственного института: работал агрономом, преподавателем профессионально-технического училища, инженером-почвоведом, служил в рядах Советской Армии.

Вся творческая жизнь В.Ф. Пивоварова неразрывно связана с Грибовской овощной селекционной опытной станцией, впоследствии – с ее преемником – ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, в настоящее время – ФГБНУ ФНЦО. Он прошел путь от очного аспиранта до директора. Возглавить ВНИИССОК ему пришлось в начале тяжелых 90-х, в условиях глубокого кризиса в стране и острого дефицита финансирования науки. Блестящие организаторские способности Виктора Федоровича, умение выделить приоритеты в развитии научного обеспечения отрасли овощеводства позволили ему сохранить основные научные направления и работоспособный коллектив.

Благодаря В.Ф. Пивоварову, ВНИИССОК сохранил право называться ведущим научно-исследовательским и селекционным центром страны, координатором исследований в области селекции и семеноводства овощных культур. Теоретические исследования института направлены на разработку инновационных методов и технологий, повышающих степень управляемости формообразовательным процессом растений: рекомбинагенез, экотипическая селекция по гаметофиту, селекция репродуктивных структур, гаплоидия; развитие исследований по частной генетике конкретных растений и признаков; создание генетических коллекций; разработку молекулярных методов селекции овощных растений; создание исходного материала с генетической устойчивостью к основным болезням и



вредителям; оценку взаимодействия «генотип-среда», с целью усовершенствования приемов селекции и семеноводства на адаптивность методов сортоиспытания, а также сохранения типичности сортопопуляций.

Важным практическим итогом этих исследований стало создание богатейших коллекций, насчитывающих более 800 генисточников и доноров продуктивности, скороспелости, высокого качества, устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам по капустным, тыквенным, бахчевым, пасленовым, луковым, бобовым, корнеплодным, зеленым, пряно-ароматическим и цветочным культурам.

Теоретические разработки и сформированные генетические коллекции легли в основу практической селекции на получение стабильно высокой урожайности сортов и гибридов, комплексную устойчивость к наиболее вредоносным болезням и абиотическим стрессорам, скороспелость и холодостойкость (для зон экстремального овощеводства), высокое качество продукции и технологичность.

Большое внимание уделялось соблюдению принципа точного (прецизионного) предназначения сортов для определенных условий выращивания (экологическая селекция), который использовался с самого начала деятельности Грибовской станции.

Под руководством В.Ф. Пивоварова селекционные достижения нашли свое применение в производстве, что позволило сохранить конкурентоспособность на семенном рынке России. В области семеноводства актуальным направлением является научное обоснование и разработка прогрессивных способов выращивания



ния семян овощных культур. С этой целью исследуется влияние экологических фонов на формирование сортовых признаков семян, определяются основные принципы зон адаптивного семеноводства. Большое внимание уделяется научному обоснованию гибридного семеноводства. Под руководством В.Ф. Пивоварова разрабатываются научные основы первичного семеноводства, нормативно-технологическая документация по стандартизации семян и посадочного материала овощных и бахчевых культур, нормированию качества овощной продукции, совершенствуются технологии производства элитных и сортовых семян.

В соответствии с «Концепцией государственной политики в области здорового питания РФ» и «Доктриной продовольственной безопасности РФ», создаваемые сорта и гибриды овощных культур оцениваются в качестве пищевых продуктов функционального действия, обогащенных пищевыми волокнами, витаминами, в том числе антиоксидантами, минеральными веществами и микроэлементами (Ca, Fe, Zn, F, Se и другие). В связи с этим в селекционном процессе большое внимание уделяется разработке методов создания сортов и гибридов с повышенным содержанием БАВ и АО, созданию БАД с заданными свойствами путем направленного отбора по биохимическим показателям с целью изменения метаболизма растений в сторону биосинтеза ценных для человека соединений. Под руководством В.Ф. Пивоварова и при его непосредственном участии коллективом ученых ВНИИССОК и ряда НИУ России была разработана научная концепция «Овощи, плоды и ягоды с высоким содержанием антиоксидантов и ценных пищевых веществ – это и готовый функциональный продукт, и растительное возобновляемое сырье для создания функциональных

продуктов питания». За высокую научную, социальную значимость этих исследований, обеспечивающих экономическую биобезопасность России, коллектив ученых – овощеводов во главе с В.Ф. Пивоваровым удостоен звания лауреатов Государственной премии в области науки и техники (2003 год) и премий Правительства РФ (2013 и 2021 годы).

Под руководством В.Ф. Пивоварова развивается другой аспект качества продукции – снижение накопления поллютантов. На основании этих исследований разработан метод снижения содержания радионуклидов и тяжелых металлов в растениеводческой продукции путем предпосевной подготовки семян. В рамках международного проекта выполняются актуальные исследования по формированию сортимента овощных культур для выращивания на экологически загрязненных территориях. По результатам нового развивающегося направления селекции на устойчивость к накоплению экотоксикантов в товарной части овощей во ВНИИССОК защищена в 2016 году докторская диссертация.

Важнейшим результатом деятельности В.Ф. Пивоварова является создание научной школы экологической селекции овощных культур на комплексную устойчивость к стрессовым факторам среды. Под его руководством подготовлены 45 кандидатов, 19 докторов наук в России, Украине, Узбекистане, Туркменистане, Республике Куба. Виктор Федорович уделяет много внимания созданию творческой атмосферы в организации. Выпускники школы В.Ф. Пивоварова и ВНИИССОК успешно работают в крупных селекционно-семеноводческих учреждениях, государственных структурах, коммерческих фирмах.

В.Ф. Пивоваров – это руководитель новой формации, хорошо понимающий необходимость прочной связи науки и бизнеса, обеспечивающей дополнительное финансирование для развития науки. Под его руководством работа института последовательно переведена в законченный цикл: селекция – семеноводство – продажа семян и посадочного материала. Построен новый селекционно-семеноводческий тепличный комплекс, завод по предпосевной доработке семян, выпускающий профессиональные семена для высокотехнологичного овощеводства, магазин «Семена ВНИИССОК».

Возглавляя продолжительное время Селекццентр по овощным культурам для Нечерноземной зоны РФ, являясь председателем секции теоретических основ селекции и семеноводства РАН, председателем ученого совета и диссертационного совета по защите докторских диссертаций, членом совета по присуждению премий Правительства РФ, членом редколлегий ряда журналов В.Ф. Пивоваров эффективно участвует в научной общественной жизни. Во ВНИИССОК ежегодно работают Международные научно-практические конференции, научно-методические совещания по различным аспектам селекции и семеноводства овощных культур, проводятся Дни поля.

После образования Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) В.Ф. Пивоваров был избран научным руководителем Центра. Он обеспечивает формиро-

вание приоритетных направлений и тематики научных исследований в учреждении; участвует в разработке программы развития; участвует совместно с директором и ученым советом в формировании основных направлений научной деятельности в соответствии с тенденциями развития мировой науки, научно-технического прогресса и профильных научных областей; содействует в организации и осуществлении работ по привлечению и эффективной реализации научных грантов, научно-технических программ, контрактов и договоров в целях повышения научного потенциала и совершенствования финансового положения ФГБНУ ФНЦО; содействует администрации Центра в проведении кадровой политики по подготовке и привлечению к научной деятельности молодых ученых и специалистов, становлению и сохранению научных школ; курирует по согласованию с директором и ученым советом Центра научное направление по профилю своей деятельности; участвует в деятельности ученого совета; участвует в разработке, организации выполнения и оценке результатов реализации планов фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований и научно-исследовательских работ, а также в подготовке отчетов о результатах научной деятельности и курируемого научного направления; выносит на рассмотрение ученого совета предложения по корректировке основных направлений научной деятельности, совершенствованию структуры учреждения.

Многолетние исследования В.Ф. Пивоварова опубликованы в более 665 научных работах, из которых 45 работ – за рубежом на английском и испанском языках, в том числе книги «Овощи России», «Селекция и семеноводство овощных культур», монография «Экологические основы селекции и семеноводства овощных культур», «История овощеводства российского», «Летопись российской селекции овощных культур» и др.

Он автор и соавтор 127 сортов и гибридов, в т.ч. 23-х совместных сортов с зарубежными НИУ. Виктор Федорович – автор 17-ти изобретений.

Творческий поиск, высокий профессионализм, заслуги Виктора Федоровича высоко оценены и отмечены многими правительственными наградами: орденом «Знак Почета», высшей наградой международного межакадемического союза «Звезда Вернадского 1 степени», многими медалями, ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», награжден Золотой медалью Минсельхоза РФ, он – лауреат высшего международного ордена ООН «За заслуги в развитии информационного общества», является почетным деятелем сельского хозяйства и пищевой промышленности Монголии, удостоен звания «Ученый



года – 2005», его имя внесено в энциклопедию «Лучшие люди России».

Благодаря своим душевным качествам и искренней человечности В.Ф. Пивоваров приложил много усилий для улучшения социально-бытовых условий сотрудников, строительство жилья, а также укрепление материально-технической базы ВНИИССОК: построены современная теплица по проекту французской фирмы «Ришель», боксовые теплицы для размножения селекционного материала и решения вопросов семеноводства, построен магазин «Семена ВНИИССОК», опытно-производственная база оснащается новой техникой, научные лаборатории – компьютерной техникой и современным оборудованием.

Уважаемый Виктор Федорович! Сердечно поздравляем Вас с замечательным юбилеем и желаем крепкого здоровья, благополучия, благодарных талантливых учеников, уверенности в том, что дело Вашей жизни находится в надежных руках Ваших учеников и последователей. Мы верим, что еще долгие годы Вы будете радовать нас своими работами, бесценными советами, счастьем общения.

Об авторах:

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

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

Елена Владимировна Пинчук – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-00030824-8864>, автор для переписки, tehh620@yandex.ru

About the authors:

Olga N. Pyshnaya – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Deputy director in scientific work, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>, pishnaya_o@mail.ru

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

Elena V. Pinchuk – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-00030824-8864>, Correspondence Author, tehh620@yandex.ru



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