

Овощи России

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

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

5 2019

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



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



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Новинки паслёновых культур



Перец острый Эврика



Перец острый Рождественский букет



Перец сладкий F, Натали



Перец сладкий F, Виктор

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 ВНИИССОК":

Адрес: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, 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.

Овощи России

Научно-практический журнал

VEGETABLE crops of RUSSIA

The journal of science and practical applications in agriculture

«Овощи России»

Научно-практический журнал №5/2019

Издаётся с декабря 2008 г.

Учредитель и издатель журнала:

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

Главный редактор

В. Ф. Пивоваров – академик РАН, научный руководитель ФГБНУ ФНЦО

Редакционный совет

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

Аллахвердиев С.Р. – доктор биол. наук, проф., ФГБОУ ВО

Московский Педагогический Государственный Университет; Bartin University, Turkey

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

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

Волощук Л.Ф. – доктор биол. наук, Институт генетики,

физиологии и защиты растений АН Молдовы, Республика Молдова

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

Голубкина Н.А. – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

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

Данаилов Ж.П. – доктор с.-х. наук, проф., Фонд «Научные исследования»

Министерства образования и науки Болгарии, София, Болгария

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

Дубенок Н.Н. – академик РАН, доктор с.-х. наук, проф., ФГБОУ ВО

«Российский аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия

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

Журавлева Е.В. – доктор с.-х. наук, Министерство науки

и высшего образования РФ, Москва, Россия

Игнатов А.Н. – доктор биол. наук, ООО «Исследовательский центр «ФитоИнженерия»,

ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии», Москва, Россия

Калашникова Е.А. – доктор биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «РГАУ –

МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Gianluca Caruso – доктор с.-х. наук, Department of Agricultural Sciences,

University of Naples Federico II, Italy, Napoli

Кочиева Е.З. – доктор биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова,

ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва, Россия

Куликов И.М. – академик РАН, доктор экон. наук, ФГБНУ «Всероссийский

селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», Москва, Россия

Левко Г.Д. – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Мамедов М.И. – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

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

Надеждин С.М. – доктор биол. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Павлов Л.В. – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Пизенгольц В.М. – доктор экон. наук, проф.,

Аграрно-технологический институт РУДН, г. Москва, Россия

Плющиков В.Г. – доктор с.-х. наук, проф.,

Аграрно-технологический институт РУДН (АТИ), Москва, Россия

Пышня О.Н. – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Прохоров В.П. – доктор биол. наук, проф., Институт экспериментальной ботаники

НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

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

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

Разин А.Ф. – доктор экон. наук, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Сидельников Н.И. – член-корр. РАН, доктор с.-х. наук, ФГБНУ «Всероссийский

научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», Москва, Россия

Сирота С.М. – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

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

Солдатенко А.В. – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Старцев В.И. – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ «Всероссийский

НИИ Фитопатологии», Московская область, Россия

Тимин Н.И. – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Ушачев И.Г. – доктор экон. наук, академик РАН, проф., Заслуженный деятель науки Российской

Федерации, ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий –

Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ), Москва, Россия

Чесноков Ю.В. – доктор биол. наук, ФГБНУ «Агрофизический научно-

исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия

Шмыкова Н.А. – доктор с.-х. наук, ООО «Ифар»

(Инновационные фармакологические разработки), Томск, Россия

Ответственный редактор

Тарева М.М. – кандидат с. х. наук, ФГБНУ ФНЦО

Библиограф

Разоренова А.Г., ФГБНУ ФНЦО

Фото

Лебедев А.П., ФГБНУ ФНЦО

Дизайн и верстка

Янситов К.В., ФГБНУ ФНЦО

Адрес редакции:

143080, Московская область, Одинцовский район, п/о Лесной городок,

пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, Издательство ФНЦО

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

http://www.vegetables.ru

Тел.: +7(495)5992442, +7(495)5947722

Факс: +7(495) 5992277

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, 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.

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных тех-

нологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство ПИ № ФС 77-12184 от 15 января 2018 года

Тираж 1000 экземпляров. Подписано в печать 25.10.2019

Отпечатано в типографии АО "Щербинская типография"

117623, Москва, ул. Типографская, д. 10.

Тел.: 8 (495)-659-25-63

«Vegetable crops of Russia» («Ovoshchi Rossii»)

The journal of science and practical applications in agriculture № 5/2019

Published since 2008

The journal founder & publisher:

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center

Editor in Chief

Pivovarov V.F. – Academician of RAS, a scientific director of Federal Scientific Vegetable Center

Editorial Board

Alekseeva K.L. – Doctor of Sc., agriculture, prof., All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing,

Branch of the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Allahverdiev S.R. – Doctor of Sc., biology, prof., Bartin University, Turkey

Balashova I.T. – Doctor of Sc., biology, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Bondareva L.L. – Doctor of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Volosciuk L.F. – Doctor of Sc., biology, Institute of Genetics, Physiology and Protection of Plants,

Academy of Sciences of Moldova, Republic of, Chişinău

Gins M.S. – Doctor of Sc., biology, correspondence member of the RAS,

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Golubkina N.A. – Doctor of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Grigoryeva L.V. – Doctor of Sc., agriculture, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Danailov Zh.P. – Doctor of Sc., agriculture, prof., Fund "Research investigations"

at the Ministry of Education and Science of Bulgaria, Bulgaria

Jafarov I.H. – Doctor of Sc., agriculture, prof., correspondence member of ANAS,

Rector, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan Republic

Dubenok N.N. – academician of RAS, Doctor of Sc., agriculture, prof.,

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Zharkova S.V. – Doctor of Sc., agriculture, professor,

FSBEI of Higher Education the Altai State Agricultural University (ASAU), Barnaul, Russia

Zhuravleva E.V. – Doctor of Sc., agriculture,

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia

Ignatov A.N. – Doctor of Sc., biology, Federal Research Centre

"Fundamentals of Biotechnology" of the RAS, Moscow, Russia

Kalashnikova E.A. – Doctor of Sc., RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev, Russia

Gianluca Caruso – Doctor of Sc., agriculture, Department

of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Italy, Napoli

Kochieva E.Z. – Doctor of Sc., biology, prof., Lomonosov Moscow State University;

Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the RAS, Moscow, Russia

Kulikov I.M. – Academician of RAS, Doctor of Sc., economy,

FSBSI All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Levko G.D. – Doctor of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Mamedov M.I. – Doctor of Sc., agriculture, prof., FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Musayev F.B. – Doctor of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Nadezhkin S.M. – Doctor of Sc., biology, prof., FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Pavlov L.V. – Doctor of Sc., agriculture, prof., FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Pizengolits V.M. – Doctor of Sc., economics, prof., Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Plushnikov V.G. – Doctor of Sc., agriculture, prof., Peoples'

Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Pishnaya O.N. – Doctor of Sc., agriculture, prof., FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Prokhorov V.N. – Doctor of Sc., biology, FSCI "V.F. Kuprevich Institute

of experimental botany National academy of Science of Belarus", Minsk, Belarus

Pylnev V.V. – Doctor of Sc., agriculture, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy

named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Radzhabov A.K. – Doctor of Sc., agriculture, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy

named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Razin A.F. – Doctor of Sc., economy, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Branch of

the FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Sidelnikov N.I. – correspondence member of the RAS, Doctor of Sc., economy,

FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants», Moscow, Russia

Sirota S.M. – Doctor of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Skorina V.V. – Doctor of Sc., agriculture, prof.,

"Belarusian State Academy of Agriculture", Belarus, Mogilev region

Soldatenko A.V. – Doctor of Sc., agriculture, prof., FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow, Russia

Ushachev I.G. – Academician of the RAS, prof., FSBSI "Federal Research Center

for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories –

All-Russian Research Scientific Institution of Economy of Agriculture", Moscow, Russia

Chesnokov Yu.V. – Doctor of Sc., biology, FSBSI "Agrophysical Research Institute",

Saint Petersburg, Moscow, Russia

Shnikova N.A. – Doctor of Sc., agriculture, LLC "IPHAR", Tomsk, Russia

Responsible Scientific Editor

Tareeva M.M. – Candidate of Sc., agriculture, FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow district,

Russia

Bibliographer

Razorenova A.G.

Photographing

Lebedev, A.P. FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow district, Russia

Designer

Yansitov K.V. (Original model and imposition),

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center, Moscow district, Russia

Address of the publishing office:

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center, Selektionnaya St., 14, VNIIS-

SOK, Odintsovo region, Moscow district, Russia, 143080, Editorial and Publishing Unit

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

http://www.vegetables.ru

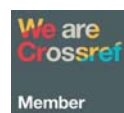
Tel.: +7(495)5992442, +7(495)5947722

This issue is registered in the Federal Service for Supervision

of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor).

The license ПИ №ФС77-12184 of the 15th January 2018

Circulation is 1000 copies



СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- Домблидес Е.А., Белов С.Н., Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф.**
Получение удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.). **3**
- Домблидес А.С.**
Поиск генисточников признака стерильности
у образцов лука репчатого с использованием ДНК маркеров. **15**
- Варивода О.П., Масленикова Е.С.**
Оценка и подбор исходного материала для создания гибридов
дыни с комплексной устойчивостью к антракнозу и мучнистой росе. **20**
- Варгач Ю.И.**
Результаты сравнительной оценки образцов овса (*A. sativa* L.,
A. byzantina C. Koch) по устойчивости к полеганию, урожайности и
адаптивности в центральных регионах Нечерноземной зоны РФ. **25**

ОВОЩЕВОДСТВО

- Бурляева М.О., Гуркина М.В., Чебукин П.А.,
Перчук И.Н., Мирошниченко Е.В.**
Новые сорта вигны (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.)
овощного использования, перспективные
для возделывания в южных регионах России. **33**
- Кузьмицкая Г.А.**
Галант – новый сорт томата для дальневосточников. **38**
- Байбакова Н.Г., Варивода Е.А., Колебошина Т.Г.**
Характеристика нового сортообразца дыни селекции
Быковской опытной станции. **42**
- Хасеева З.М.**
Урожайность капусты белокочанной в зависимости
от поливного режима в предгорной подпровинции Дагестана. **46**

ПЛОДОВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО

- Фадеев В.В., Раджабов А.К., Деменко В.И.**
Результаты агротехнологического изучения устойчивых белых винных
сортов винограда нового поколения для производства биовин. **52**
- Акимова С.В., Викулина А.Н., Деменко В.И., Киркач В.В.,
Аладина О.Н., Стрелец В.Д., Паничкин Л.А.**
Несезонное производство ягодной продукции малины красной
в условиях отапливаемых зимних теплиц. **58**
- Калинина О.В., Голяева О.Д., Панфилова О.В.**
Селекционная оценка гибридной семьи смородины
красной Белая Потепенко х ОС 1426-21-80 по качеству плодов. **67**

АГРОХИМИЯ

- Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю.И.**
Формирование урожая лекарственных культур
(*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.)
под влиянием эссенциальных микроэлементов. **72**
- Соколова Д.В., Шеленга Т.В., Соловьева А.Е.**
Сравнительная характеристика биохимического состава
образцов мангольда и свеклы столовой коллекции ВИР. **77**
- Бирюлин С.И., Посокина Н.Е., Тришканева М.В.**
Выделение углеводов из растительного сырья и
их идентификация с применением капиллярного электрофореза. **84**
- Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Семенова Ж.А., Терешонок В.И.**
Исследования динамики развития молочнокислых микроорганизмов
при двухстадийном процессе ферментирования
капусты белокочанной сорта Парус. **88**

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

- Шабанов Т.Ю.**
Время сделки: оптимизация лага. **94**

BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

- Domblides E.A., Belov S.N., Soldatenko A.V., Pivovarov V.F.**
Production of Doubled Haploids in cucumber. **3**
- Domblides A.S.**
Searching for sterility genes in bulb onion breeding
accessions with the use of DNA markers. **15**
- Varivoda O.P., Maslennikova E.S.**
Assessment and selection of source material for creating melon hybrids
with integrated resistance to anthracnose and powdery mildew. **20**
- Vargach Ju.I.**
The results of the comparative evaluation of samples of oat (*A. sativa* L.,
A. byzantina C. Koch) for resistance to lodging, yield and adaptability
in central Non-chernozem zone of the Russian Federation. **25**

VEGETABLE PRODUCTION

- Burlyayeva M.O., Gurkina M.V., Chebukin P.A.,
Perchuk I.N., Miroshnichenko E.V.**
New varieties of vegetable cowpea
(*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.)
and prospects of their cultivation in southern Russia. **33**
- Kuzmitskaya G.A.**
Galant – new sort of tomato for the Far East. **38**
- Baibakova N.G., Varivoda E.A., Kaleboshina T.G.**
Characteristics of new population
of melon breeding Bikovskaya experimental station. **42**
- Hasayeva Z.M.**
Yield of cabbage depending on the irrigation regime
in the foothill subprovince of Dagestan. **46**

HORTICULTURE, VITICULTURE

- Fadeev V.V., Radzhabov A.K., Demenko V.I.**
The results of the study of agricultural technology sustainable white wine
grapes for a new generation of biological wines production. **52**
- Akimova S.V., Vikulina A.N., Demenko V., Kirkach V.V.,
Aladina O.N., Strelets V.D., Panichkin L.A.**
Non-season production of raspberry of red berry products
in conditions of heated winter greenhouses. **58**
- Kalinina O.V., Golyayeva O.D., Panfilova O.V.**
Selection estimation of red currant hybrid family
'Belaya Potapenko' x SS 1426-21-80. **67**

AGROCHEMISTRY

- Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Ermokhin Yu.I.**
Formation of a crop of medicinal crops
(*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.)
under influence of essential microelements. **72**
- Sokolova D.V., Shelenga T.V., Solovieva A.E.**
Comparative characteristics of the biochemical composition
of chard and table beet accessions from VIR collection. **77**
- Biryulin S.I., Posokina N.E., Trishkaneva M.V.**
The allocation of carbohydrates from vegetable raw materials
and their identification with the use of capillary electrophoresis. **84**
- Kondratenko V.V., Posokina N.E., Semenova J.A., Tereshonok V.I.**
Study of the dynamics of the development
of lactic acid microorganisms in the two-stage process
of fermenting cabbage varieties "Parus". **88**

AGRICULTURAL MANAGEMENT

- Shabanov T.Yu.**
Time deals: optimization of lag. **94**

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-3-14>
УДК 635.63:631.523:575.224.234

Домблидес Е.А.*,
Белов С.Н.,
Солдатенко А.В.,
Пивоваров В.Ф.

ФГБНУ «Федеральный научный
центр овощеводства»
143072, Россия, Московская обл., Одинцовский
р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
*E-mail: Edomblides@mail.ru

Ключевые слова: огурец (*Cucumis sativus* L.),
DH-растения, культура неопыленных семян
in vitro, гиногенез, партеногенез, андрогенез,
гаплоиды огурца, гомозиготные линии.

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Домблидес Е.А., Белов С.Н.,
Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф. Получение
удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.).
Овощи России. 2019;(5):3-14.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-3-14>

Поступила в редакцию: 22.09.2019
Принята к печати: 12.10.2019
Опубликована: 25.10.2019

Elena A. Domblides,
Sergey N. Belov,
Alexey V. Soldatenko,
Victor F. Pivovarov

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selektsionnaya str., Odintsovo district,
Moscow region, Russia, 143072
*E-mail: Edomblides@mail.ru

Keywords: *Cucumis sativus* L., DH-plant, isolated
microspore cultivation *in vitro*, gynogenesis,
parthenogenesis, androgenesis, homozygous lines.

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

For citation: Domblides E.A., Belov S.N.,
Soldatenko A.V., Pivovarov V.F. Production of
Doubled Haploids in cucumber. Vegetable crops of
Russia. 2019;(5):3-14 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-3-14>

Received: 22.09.2019
Accepted for publication: 12.10.2019
Accepted: 25.10.2019

Получение удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.)



РЕЗЮМЕ

Разработка и внедрение клеточных технологий существенно изменили селекционный процесс у сельскохозяйственных растений во всем мире. Производство чистых линий у сельскохозяйственных культур, особенно у перекрестноопыляемых растений, таких как огурец (*Cucumis sativus* L.), требует больших временных и трудовых затрат, а также и достаточных финансовых вложений. В связи с этим использование удвоенных гаплоидов (DH-растений) для получения полностью гомозиготных линий в течение одного года представляет большой интерес для современной селекции, в том числе у этой культуры. Важнейшим фактором, препятствующим использованию DH-растений в селекции огурца, является отсутствие эффективного способа их производства в больших масштабах. В обзоре представлены исторические факты и рассмотрены три основных способа получения удвоенных гаплоидов огурца: партеногенеза *in situ* (опыление неполноценной (облученная или обработанная химическими веществами) пыльцой); андрогенеза (культуры пыльников/микроспор *in vitro*); гиногенеза (культура неопыленных семян *in vitro*). Произведен сравнительный анализ публикаций с учетом эффективности используемых технологий, выявлены критические факторы, влияющие на выход гаплоидных и удвоенных гаплоидных растений, указаны преимущества и ограничения каждой из технологий.

Ключевые слова: (*Cucumis sativus* L.), DH-растения, культура микроспор *in vitro*, гиногенез, партеногенез, андрогенез, гаплоиды огурца, гомозиготные линии.

Production of Doubled Haploids in cucumber

ABSTRACT

Implementation of cell technologies has essentially improved the plant breeding process in agricultural crops in the world. The production of pure lines in cultivated crops, particularly among cross-pollinated species such as cucumber (*Cucumis sativus* L.) requires much time, labor and expense. Thus, the use of DH-plants for production of fully homozygous lines for one year becomes a very promising method for near cucumber breeding program. The major factor limiting the wide use of DH is a lack of effective protocol for large-scale plant production. In this review the historical facts with description of three main methods of DH-plant production were presented. By now these three methods have been such as parthenogenesis *in situ* induced by pollination with irradiated or chemically treated pollen; androgenesis *in vitro* including anther and isolated microspore cultivation *in vitro*; gynogenesis through ovule cultivation *in vitro*. Comparative analysis of published data with regard to the efficiency of the technology for DH-plant production was shown as well as advantages and limitations of each technology were described.

Keywords: *Cucumis sativus* L., DH-plant, isolated microspore cultivation *in vitro*, gynogenesis, parthenogenesis, androgenesis, homozygous lines.

Введение

Огурец (*Cucumis sativus* L.) является однолетним травянистым растением, принадлежащим к семейству тыквенных (*Cucurbitaceae* Juss) к роду *Cucumis* L. Согласно последним данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAOSTAT 2017), огурец занимает 6-е место по посевной площади, 3-е – по производству, 4-е – по урожайности среди всех овощей, выращиваемых в мире, что составляет 28,7% от общего объема производства овощей в мире. Среди сельскохозяйственных культур семейства *Cucurbitaceae* на огурец приходится 52,2% всех убираемых площадей и 78,6% от общего производства продукции тыквенных культур в мире. В России огурец входит в пятерку самых выращиваемых культур, как в открытом, так и в защищенном грунте. По данным 2018 года, из 543,6 тыс. га, занятых под овощными культурами, огурец занимал 44,3 тыс. га. Урожайность огурца может быть значительно увеличена за счет использования гибридов, так как они демонстрируют высокий уровень гетерозиса – превосходство в продуктивности по сравнению с их родителями (инбредными / чистыми линиями) (Mulualem, Abate, 2016).

В случае *C. sativus* L. традиционные методы размножения часто требуют 6–8 лет самоопыления, чтобы получить инбредные родительские линии (Gémes Juhász et al., 2002). Использование гаплоидных технологий существенно повышает скорость селекции у этой культуры. Для получения полностью гомозиготной линии с использованием DH-технологии требуется не более одного года. Кроме того, селекционеры могут оценивать линии удвоенных гаплоидов (DH-линии) с большей скоростью, точностью и достоверностью, поскольку все гены у DH-растений находятся в гомозиготном состоянии, и рецессивные признаки видны, а не маскируются под действием доминантных генов. Гаплоидные и удвоенные гаплоидные растения также удобно использовать в генетических и фундаментальных исследованиях (Dong et al., 2016; Can et al., 2019). Например, Lofli и др. (2003) использовали гаплоидные и удвоенные гаплоидные растения в селекции для создания дыни с множественной устойчивостью к вирусным болезням. Gonzalo et al. (2005) использовали популяцию DH-линий для построения генетической карты дыни. Производство DH-растений является важным этапом в недавно разработанной технологии обратной селекции (Reverse breeding), где полученные рекомбинантно-инбредные популяции могут быть подвергнуты скринингу с помощью молекулярных маркеров, чтобы идентифицировать популяции с комплементарными комбинациями хромосом и дать возможность восстановить первоначального гетерозиготного родителя путем гибридизации двух DH-индивидуумов (Dirks et al., 2009). На определенных стадиях развития удвоенные гаплоиды могут использоваться в качестве удобных мишеней для индукции мутаций и трансформации, а также в качестве моделей для изучения регуляции клеточного цикла растений, деления клеток и этапов раннего эмбриогенеза.

Историческая справка об обнаружении гаплоидов и применения их в селекции. История удвоенных гаплоидов (Doubled Haploids – DHs) началась с обнаружения двух спорофитных гаплоидных растений *Datura stramonium* L. (дурман обыкновенный), о которых было сообщено в 1922 году в виде небольшого специального сообщения «A haploid mutant in the Jimson weed, «*Datura stramonium*»» в журнале «Science» (Blakeslee et al., 1922). В 1924 году Blakeslee A. F. и Belling J. выпустили уже большую статью, в которой представили фото гаплоидного растения, схему его образования, а также сообщили о возможности получения из него гомозиготной линии. В этой статье впервые делается вывод о практическом использовании гаплоидов, поскольку они предоставляют новый материал для ускоренного преобразования гетерогенного селекционного материала в чистую линию (Blakeslee, Belling, 1924). Вскоре за этим последовали аналогичные открытия гаплоидов у других видов, например, *Nicotiana tabacum* (Clausen, Mann, 1924), *Triticum compactum* (Gains, Aase, 1926), *Lycopersicon esculentum* (Lindstrom, 1929). В 1932 году была получена первая гомо-

зиготная линия томата, получившая коммерческое название "Supreme Marglobe" (Morisson, 1932). Многие ученые, занимающиеся генетикой растений, и селекционеры заинтересовались этим открытием и поняли перспективность его использования, возросло количество публикаций по гаплоидии (Карпеченко, 1935; Иванов, 1937; Kostoff, 1942). Так в 1932 году Н.И. Вавилов писал «...надлежит уделить особое внимание методике получения полиплоидных форм (амфидиплоидов и гаплоидов), изучению количественных и качественных различий у полиплоидов, наследственности признаков у полиплоидных форм и, наконец, разработке методики получения гомозиготных растений путем удвоения хромосом у гаплоидных, диплоидных и других форм» (Вавилов, 1932). Эти слова легли в качестве предисловия в монографию, написанную коллективом сотрудников кафедры генетики и дарвинизма Саратовского университета «Гаплоидия у покрытосеменных растений». Это была одна из первых в научной литературе крупных работ по гаплоидии, после одноименного обзора Kimber G. и Riley R., выпущенного в 1963 году (Kimber, Riley, 1963), где рассматривались генетические закономерности возникновения гаплоидов, их классификация, распространение, методы выявления и получения, результаты собственных исследований, а также вопросы генотипических и фенотипических изменений и экспериментальный мутагенез при переходе на гаплоидный уровень. В этой же работе был приведен самый полный на тот момент список видов (152 вида и 10 гибридных комбинаций), у которых были установлены гаплоиды, и обширная библиография по гаплоидии (Хохлов и др., 1970).

Большой интерес к гаплоидам повлек за собой организацию и проведение Первого международного симпозиума «Haploids in Higher Plants», который состоялся в Гуэлфе (Канада) в 1974 году (Kasha, 1974). В начале 1970-х был создан с использованием DH-линий сорт рапса (*Brassica napus*) Maris Haplona (Thompson, 1972), за ним последовало создание сорта Mingo у ячменя (*Hordeum vulgare*) в 1980 году (Ho, Jones, 1980).

Основные этапы технологий получения DH-растений, их преимущества и трудности, с которыми сталкиваются исследователи, базовые протоколы более чем для 200 видов сельскохозяйственных растений освещены в ряде опубликованных обзоров (Maluszynski et al., 2003; Forster et al., 2007; Turaev et al., 2009; Dunwell, 2010; Germana, 2011). Список видов, у которых получены гаплоиды и удвоенные гаплоиды, постоянно пополняется, появляются новые обзорные публикации, посвященные гаплоидии, проводятся генетические и фундаментальные исследования на DH-линиях, создаются новые сорта и гибриды на основе линий удвоенных гаплоидов, в том числе и у овощных культур семейства *Cucurbitaceae*, куда относится и огурец.

Первые сообщения об обнаружении гаплоидов в семействе Cucurbitaceae (Тыквенные). Несмотря на то, что с момента описания первых гаплоидов в 1922 году, интерес к этой теме у генетиков и селекционеров резко возрос, и одно за другим стали появляться сообщения о спонтанном и индуцированном получении гаплоидов у различных сельскохозяйственных культур, первые сообщения об обнаружении гаплоидов в семействе *Cucurbitaceae* появились лишь в 50-х годах прошлого века и были крайне немногочисленными.

Первая публикация датируется 1954 годом, когда были обнаружены гаплоидные близнецовые зародыши в семенах, полученных от межвидовых скрещиваний *C. maxima* x *C. moschata*. Полученные из этих зародышей растения имели гаплоидный набор хромосом, что было подтверждено цитологическим анализом. По морфологическим признакам растения выглядели несколько меньше, чем диплоидная родительская форма. Также было отмечено, что мужские цветки при культивировании в поле отсутствовали и образовывались только в теплице. При этом пыльники в них были пустыми, белого или коричневого цвета. Женские же цветки формировались в изобилии и при опылении их нормальной пыльцой различных диплоидных растений завязывали плоды, однако семян в них обнаружить не удалось

(Hayase, 1954). Аналогичным способом впоследствии гаплоидные растения были получены у дыни при скрещивании *Cucumis melo* L. ($2n = 2x = 24$) с *Cucumis ficifolius* A. Rich ($2n = 4x = 48$), однако наблюдаемый уровень гаплоидии был низким, максимально можно было обнаружить до трех гаплоидных зародышей на 1000 семян. Однако эти показатели сильно зависели от генотипа и времени года (Dumas de Vaulx, 1979).

В 1958 году Aalders опубликовал статью, в которой описал изобретенный им простой метод обнаружения спонтанных гаплоидов (в своих статьях автор использовал термин – моноплоид (monoploids)) огурца. Он обнаружил, что диплоидные семена обычно тонут в воде, а вот из плавающих на поверхности семян можно извлечь зародыши, имеющие гаплоидное число хромосом. Впервые 13 гаплоидных растений огурца были получены им из эмбриоидов, извлеченных из нормальных флотирующих/плавающих в воде семян, при использовании технологии спасения зародышей в культуре *in vitro*. Для оценки уровня плоидности растений огурца он использовал фиксатор «Уксусный спирт» с последующим 20-ти минутным окрашиванием в горячем ацетокармине, а также использовал оценку с использованием размера замыкающих клеток устьиц листа (в эксперименте она составила 15,67 мкм для гаплоидных и 21,59 мкм для диплоидных растений). Только восемь растений из 13 смогли вырасти в теплице до цветущего состояния и перенести обработку точек роста водным раствором колхицина. Основной проблемой, с которой столкнулся автор в последующем, это получение потомства от самоопыления. У гаплоидов после обработки колхицином крайне редко образовывались мужские цветки с нормально сформированными пыльниками. За все время на растениях образовалось только четыре полноценных мужских цветка, но в силу отсутствия одновременно раскрывшихся женских цветков на растении (даже при хранении мужского цветка в холодильнике в течение 3 суток) для нормального опыления смогли использовать только один мужской цветок, давший начало двум плодам. Однако ни в одном из плодов, вызревших и внешне не отличающихся от нормальных, семян обнаружить не удалось. Несмотря на то, что в этом исследовании не удалось получить потомство от самоопыления гаплоидных растений, эта работа стала отправной точкой для дальнейших исследований по гаплоидии в семействе *Cucurbitaceae*. В этой работе были вскрыты основные проблемы, характерные для этого семейства и предложены некоторые пути их возможного решения. Способ отделения гаплоидов из флотирующих на поверхности воды семян, предложенный Aalders, до сих пор успешно используется с различными модификациями, как у огурца, так и у других культур семейства Тыквенные (Lofti, Salehi, 2008; Baktemur et al., 2013).

Известно, что гаплоиды самопроизвольно образуются у огурца с очень низкой частотой: на тысячу семян обычно образуется менее одного гаплоидного зародыша (Aalders 1958). Эта частота встречается у многих растений, но ее недостаточно для применения в селекционных программах, в связи с этим стали предприниматься попытки по индукции образования гаплоидов с применением различных химических и физических факторов и биотехнологических методов *in vitro*.

Одним из популярных в то время направлений было использование рентгеновских лучей (X-лучи) для индуцирования различных мутаций у растений. В 1958 году была опубликована работа, в которой описывалось образование у арбуза одной гаплоидной плети на растении, выращенном из семени, которое подверглось рентгеновскому облучению 48000 Р (48,000 r), в то время как остальные плети у растения были диплоидными. Листья и цветки на гаплоидной плети были меньшего размера, а стебель и лепестки были тоньше. Несмотря на предпринятые попытки опыления, получить плод на этой ветви не удалось (Swaminathan, Singh, 1958).

Современное состояние исследований по получению удвоенных гаплоидов огурца. Основные достижения по получению удвоенных гаплоидов у огурца за послед-

ние 30 лет были освещены в ряде обзоров (Przyborowski, 1996; Gałazka, Niemirowicz-Szczytt 2013; Dong et al., 2016).

В настоящее время гаплоидные и удвоенные гаплоидные растения в семействе *Cucurbitaceae* получают при использовании:

1. партеногенеза *in situ* (опыление неполноценной (облученная или обработанная химическими веществами) пыльцой);
2. андрогенеза (культуры пыльников/микроспор *in vitro*);
3. гиногенеза (культура неопыленных семян *in vitro*).

У каждого из этих способов есть свои преимущества и ограничения.

Партеногенез. В основе этой технологии получения удвоенных гаплоидов лежит индуцированный партеногенез *in situ*. Как правило, применяют опыление женских цветков облученной пыльцой с последующим выделением и помещением в культуру *in vitro* гаплоидных зародышей, образовавшихся за счет партеногенеза из яйцеклетки. В качестве источника облучения пыльцы чаще всего применяют γ -лучи (γ -облучение), используя в качестве источника облучения ^{60}Co и облучение ^{137}Cs (цезий использовался только в опытах с дыней (Lim, Earle, 2008; Lofti et al., 2003; Dal et al., 2016)), либо X-лучи (рентгеновское облучение). Имеется лишь одно сообщение об успешном использовании X-лучей в дозе 300 Гр. для индукции гаплоидов у огурца (Antos et al., 2001). Наибольшее распространение у культур семейства *Cucurbitaceae* получило использование γ -облучения с использованием ^{60}Co , поскольку его легко применить, оно обеспечивает благоприятное проникновение в ткань, индуцирует высокую скорость мутации и имеет низкую летальность по сравнению с другими видами облучения (Kurtar and Balkaya, 2010). Было доказано, что облучение является эффективным для индуцирования образования гаплоидов у тыквенных культур, но выход эмбрионов остается нестабильным и зависит от влияния различных факторов, таких как генотип, сезон введения в культуру, условия окружающей среды и дозы облучения (Ficcadenti et al., 1995). Еще одним недостатком этого метода является и то, что исследователю приходится работать с источником излучения и требуется дополнительное оснащение оборудованием биотехнологических лабораторий.

Об успешном образовании гаплоидных эмбрионов и растений при использовании технологии спасения партенокарпических зародышей, индуцированных опылением γ -облученной пыльцой у тыквенных культур, впервые было сообщено для дыни (Sauton & Dumas de Vaulx, 1987), а впоследствии она была применена и на огурце (Truong-Andre, 1988; Sauton, 1989; Niemirowicz-Szczytt & Dumas de Vaulx, 1989; Cagalar, Abak, 1999; Sztangret-Wisniewska et al., 2006; Smiech et al., 2008; Gałazka et al., 2015). Суммарные данные по использованию этого метода для получения удвоенных гаплоидов огурца представлены в таблице 1.

Облучению обычно подвергают либо мужские цветки (часто после удаления чашелистиков и лепестков), либо заранее изолированные пыльники. Обязательным условием является строгая изоляция женского цветка за сутки до распускания и сразу после опыления, чтобы избежать нежелательных скрещиваний. Одним из важнейших факторов, определяющих успех технологии, будет правильно подобранная доза облучения. На практике оптимальной чаще всего оказывается критическая доза или полуетальная доза (LD_{50} , то есть доза для ингибирования прорастания 50% пыльцы) (Dong et al., 2016). Дозы облучения не должны быть такими высокими, чтобы полностью ингибировать прорастание пылевых трубок, но в тоже время они должны быть достаточно высокими, чтобы нарушать нормальное оплодотворение и препятствовать образованию диплоидных гибридных эмбриоидов. В исследованиях чаще всего используют дозы облучения γ -лучами от 100 до 500 Гр., более высокие дозы оказываются не эффективными и приводят к снижению индукции образования гаплоидов огурца. В большинстве исследований оптимальной оказалось облучение от 100 до 300 Гр (Przyborowski, Niemirowicz-Szczytt 1994; Niemirowicz-Szczytt et al. 1995; Faris et al. 1999; Lofti, Salehi, 2008; Gałazka et al., 2015).

Через 3-5 недель после опыления облученной пылью плоды огурца созревали, и из образовавшихся семян можно было извлечь зародыши. Способ обнаружения и выделения гаплоидных эмбрионов также является важным этапом технологии. Наиболее распространенный метод – это проверка серии семян один за другим под стереомикроскопом. Эффективным способом обнаружения эмбрионов является применение рентгеновской радиографии семян – например, в семенах дыни и огурца, полученных при опылении женских цветков облученной пылью, сформировавшиеся гаплоидные эмбриониды могли быть определены с помощью рентгеновских лучей (Savin et al., 1988; Sauton, 1989; Deunff, Sauton, 1994; Claveria et al., 2005; Dolcet-Sanjuan et al., 2006). Однако использование дополнительного рентгеновского излучения снижает жизнеспособность образовавшихся зародышей и требует оснащения лаборатории дополнительным оборудованием. Lofti M. и Salehi S. в 2008 году провели исследование на образцах дыни, в котором сравнили трудозатраты по четырем основным методам, использующимся для обнаружения зародышей: «проверка серии семян один за другим под стереомикроскопом», «прямой посев семян в питательные среды», «осмотр семян под флуоресцентным источником света», «плавающие семена на жидких средах» и «плавающие семена на жидких средах после поверхностной стерилизации». При рассмотрении экономической эффективности (трудозатраты, затраченное время, микробные загрязнения, сохранность эмбрионидов) наилучшими методами оказались «посев семян непосредственно в питательную среду CP (Chee et al., 1992)» и «осмотр семян под флуоресцентным источником света» (Baktemur et al., 2013).

Стадия развития, на которой находились зародыши при извлечении их из семян, могла быть от глобулярной до семязольной, что также влияло на последующее развитие зародыша во взрослое растение-регенерант и на конечный выход гаплоидов и удвоенных гаплоидов. Есть мнение, что низкая частота образования гаплоидных проростков может быть объяснена присутствием в семенах незрелых зародышей (Sauton, Dumas de Vaulx 1987), а также отсутствием эндосперма в семенах (Sauton, 1989). В то же время, эмбриологические исследования, проведенные на семенах огурца, выделенных из плодов, развившихся после опыления облученной пылью, выявили одновременное присутствие в них эндосперма и эмбрионидов на ранних стадиях развития; однако эндосперм не был типичным и выглядел недоразвитым (Przyborowski, 1996). Также отмечалось, что у гаплоидных зародышей огурца семядоли могли быть различного размера, либо у зародыша могла присутствовать только одна из них (Faris et al., 1999). В связи с этим, без помещения таких незрелых и недоразвитых зародышей в питательную среду (технология спасения зародышей *in vitro*), получить проростки из них было бы невозможно. Cagalar G. и Abak K. (1999c) отмечали в своих исследованиях, что эмбриониды на сердцевидной стадии развития обладают наибольшей регенерационной способностью при помещении в культуру *in vitro*, по сравнению с более ранними стадиями развития зародыша, и именно эта стадия является оптимальной.

Состав питательной среды также влиял на успешное развитие эмбрионидов. Для культивирования недоразвитых эмбрионидов тыквенных культур, извлеченных из семян, на первом этапе обычно используются среды: CP (Chee et al. 1992), среда E20A (Sauton, Dumas de Vaulx 1987), среда MS (Murashige, Skoog 1962) или среда N6 (Chu et al. 1975). Для эмбрионидов огурца наилучшие результаты были получены при использовании среды E20A. Cagal и Abak (1999c) в своих исследованиях отмечали, что гаплоидные зародыши огурца на среде E20A хорошо развиваются в проростки и могут быть легко клонированы. Claveria et al. (2005) добились очень хороших результатов (83% эмбрионидов превратились в растения) при использовании среды E20H8, дополненной 0,011 мг/л IAA и 2,5 мг/л AgNO₃.

Большинство исследователей для успешного клонирования и укоренения образовавшиеся побеги огурца в фазе 5-7 листьев переносили на безгормональную среду MS. Для

размножения использовали черенкование побегов на сегменты, содержащие по одному междоузлию, которые также культивировали на среде MS (Przyborowski and Niemirowicz-Szczytt, 1994).

Анализ публикаций показал, что выход гаплоидов может зависеть и от сезона закладки опытов. Было отмечено, что летний сезон гораздо более благоприятен для развития гаплоидного зародыша, чем весна (Przyborowski and Niemirowicz-Szczytt, 1994). Cagalar и Abak (1999b, c) обнаружили, что большее количество гаплоидных растений огурца было получено из эмбрионидов, культивируемых с мая по сентябрь, а наибольшее количество гаплоидных растений было получено в июне и июле. Точно также наибольшее образование партеногенных зародышей огурца было индуцировано опылением в период с мая по июль, в другие же месяцы выход гаплоидов был более нестабильным (Claveria et al. 2005).

Оценить эффективность разработанного метода можно по количеству полученных гаплоидных и удвоенных гаплоидных растений в пересчете на один использованный в исследовании плод/завязь. В своих исследованиях на огурце Sauton (1989) получил в среднем 0,9 гаплоидных эмбрионидов на плод (завязь). Przyborowski и Niemirowicz-Szczytt (1994) смогли получить до 1,2 эмбрионидов, а Cagalar G. и Abak K. (1999b) до 4,8 эмбрионидов/завязь. Galazka G. et al. (2015) разработали детальный протокол (от опыления до готовой ДН-линии) и смогли получить удвоенные гаплоидные растения от всех включенных в исследование образцов, однако выход оказался недостаточно высоким и составил от 0,19 до 0,59 эмбрионидов на плод.

Технология получения удвоенных гаплоидов огурца с использованием опыления облученной пылью считается наиболее разработанной, удобной и обеспечивающей стабильный выход ДН-линий, по сравнению с технологиями получения в культуре пыльников/микроспор и неопыленных семяпочек *in vitro* (Galazka, Niemirowicz-Szczytt 2013). Однако в последнее время большая часть исследований по получению удвоенных гаплоидов огурца посвящена изучению процессов андрогенеза и гиногенеза и разработке эффективных протоколов с использованием этих методов (Шмыкова и др., 2015; Dong et al., 2016).

Андрогенез. Под андрогенезом понимают способность мужского гаметофита под воздействием индуцирующих факторов в культуре *in vitro* переходить с гаметофитного пути развития на спорофитный с образованием эмбрионидов или андрогенного каллуса, из которых впоследствии возможна регенерация гаплоидных/удвоенных гаплоидных растений. Впервые на возможность массового получения гаплоидов при культивировании гаплоидных клеток и тканей растения с последующей регенерацией из них взрослых гаплоидных растений указал в 1949 году Chase S. и Troits B. (Chase, Troits, 1949). А в 1964 году из молодых пыльников с 2-3х клеточной пылью в культуре *in vitro* у двух видов дурмана (*Datura innoxia* и *Datura stramonium*) были получены эмбриониды, которые в дальнейшем дифференцировались в зародыши с двумя семядолями. Из этих зародышей впоследствии образовались проростки с гаплоидным числом хромосом (Guha, Maheshwari, 1964, 1966, 1967). После этих удачных экспериментов были предприняты попытки получения гаплоидов в культуре пыльников и у других видов. Eun J.S. и Bak H.B. в 1974 году сообщили об индукции каллуса в культуре изолированных пыльников огурца, но регенерировать растения им так и не удалось (Eun, Bak, 1974). В последующих немногочисленных исследованиях результат также ограничивался лишь получением каллуса из пыльников огурца (Lazarte, Sasser 1982; Dryanovska, 1985). Огурец считается плохо отзывчивой к андрогенезу культурой. И только в последнее время количество успешных работ по андрогенезу у тыквенных культур значительно увеличилось, и было изучено большое количество факторов (генотип, оптимальная стадия развития мужского гаметофита, температурные предобработки, состав питательной среды, ее консистенция (жидкая или твердая), оптимальное сочетание регуляторов роста, положение пыльника на питательной среде, температурный и световой

режим культивирования) способных повлиять на эффективность этого процесса (Kumar et al., 2003, 2004; Ashok Kumar and Murthy, 2004; Song et al., 2007; Zhan et al., 2009; Rakha et al., 2012; Hamidvand et al., 2013; Abdollahi et al., 2015, 2016; Kurtar et al., 2016; Asadi et al., 2018; Amirian et al., 2019). Однако выход растений-регенерантов остается достаточно низким и очень сильно зависит от генотипа донорного растения (Abdollahi et al., 2016; Kumar & Murthy, 2004; Kumar et al., 2003; Song et al., 2007). Наилучший достигнутый результат для культуры пыльников составил 3 эмбриоида на 1 культивируемый пыльник и 0.93 DH-растения/пыльник (Song et al., 2007). На наш взгляд, наибольшее количество факторов, способных повлиять на индукцию андрогенеза в культуре пыльников путем прямого и непрямого эмбриогенеза, было изучено в исследовании Asadi et al. (2018). Авторы апробировали на двух генотипах десять различных протоколов, опубликованных для семейства *Cucurbitaceae*, после чего им удалось разработать свой собственный детальный протокол для образца «Betta Alpha» и получить до 5,34 DH-растений на 100 культивируемых пыльников. Дальнейшая модификация этой технологии привела к тому, что в 2019 году был достигнут результат для культуры пыльников огурца, составивший для образца «Dastgerdi» 1,81 эмбриоид на 1 культивирующийся пыльник (Amirian et al., 2019).

Чаще всего при культивировании пыльников происходит образование каллуса, а случаи прямого эмбриогенеза встречаются достаточно редко (Ashok Kumar, Murthy, 2004; Asadi et al., 2018). Song H. et al. (2007) отмечали регенерацию эмбриоидов только из каллуса. При этом цвет и структура этого каллуса могли быть различными. Кроме того, при культивировании пыльников достаточно часто образование каллуса происходит из соматических тканей стенок пыльника (из низкодифференцированных клеток эндотекция) и связника (Kumar et al., 2003; Ashok Kumar, Murthy, 2004; Song et al., 2007; Suprunova, Shmykova, 2008; Asadi et al., 2018), что значительно усложняет отбор истинных гаплоидов. Пыльники огурца имеют несимметричную форму и важно правильно расположить их на питательной среде, чтобы уменьшить вероятность образования каллуса из соматических тканей (Asadi et al., 2018). Включение в протокол получения удвоенных гаплоидов в культуре пыльников огурца обязательного этапа оценки с использованием молекулярных маркеров является необходимостью. Только использование SSR маркеров позволило отделить истинные DH-растения от диплоидных, образовавшихся из соматических тканей пыльника (Asadi et al., 2018; Amirian et al., 2019).

Культура изолированных микроспор является наиболее перспективным способом получения удвоенных гаплоидов. Эта технология достаточно проста в исполнении, экономически эффективна и обеспечивает большой выход DH-растений при оптимизации технологии под конкретный вид и генотип. Отсутствие соматических тканей в культуре микроспор *in vitro* позволяет не ставить под сомнение происхождение полученных растений. Однако у тыквенных культур эта технология на данный момент еще слабо разработана, и имеются лишь единичные работы по индукции и образованию эмбриоидов в культуре микроспор *in vitro* (Suprunova, Shmykova, 2008; Chen et al., 2008; Zhan et al., 2009; Chen et al., 2018). Так, например, при использовании этой технологии в лаборатории биотехнологии ВНИИССОК (сейчас ФГБНУ ФНЦО), после подробного изучения процесса микроспорогенеза огурца, в 2008 году удалось достичь образования каллуса в культуре микроспор *in vitro*, причем цитологические наблюдения показали, что деления начинались в вегетативной клетке (Suprunova, Shmykova, 2008). В этом же году Chen et al. (2008) запатентовали метод получения изолированной культуры микроспор огурца (Patent CN 101317548), однако из опубликованных данных невозможно было сделать вывод об эффективности этой технологии. В 2009 году было опубликовано исследование, в котором сообщалось об успешном получении 14 растений при использовании культуры изолированных микроспор *in vitro*. В этом исследовании эффективность техно-

логии для образца сорта «Changchun Mici» составила до 21,7 эмбриоида на чашку Петри (Zhan et al., 2009). Другие же исследователи, несмотря на использование в исследовании трех генотипов огурца, восьми вариантов жидких питательных сред, различных вариантов плотности суспензии микроспор, различных вариантов холодовых предобработок и обработок повышенными температурами, так и не смогли индуцировать деления в культуре микроспор (Kielkowska, Havey, 2011). Chen et al. в 2018 году получили патент «Метод получения гаплоидных, дигаплоидных и удвоенных гаплоидных растений в культуре изолированных микроспор семейства *Cucurbitaceae*» (Patent US2018/0213736). Предложенная технология, по заявлению авторов, в отличие от предыдущих технологий, не является генотип-специфичной. В патенте описано успешное получение 40 растений, 17 и 19 из которых были удвоенными гаплоидами и октоплоидами, соответственно, в то время как гаплоидных растений авторам обнаружить не удалось.

Краткие протоколы по использованию андрогенеза для получения гаплоидных и удвоенных гаплоидных растений представлены в таблице 2.

Первоначально для индукции процесса андрогенеза необходимо определить оптимальную стадию для введения в культуру *in vitro*. Подробное описание процесса микроспорогенеза у огурца и соотношение этих стадий с параметрами бутона было проведено в исследовании Suprunova, Shmykova (2008). Большинство авторов отмечали, что бутон огурца, содержащие микроспоры от средней до поздней одноядерной вакуолизированной стадии развития, были оптимальными. Размер бутонов необходимо подбирать индивидуально для каждого образца (Ashok Kumar, Murthy, 2004; Song et al., 2007; Suprunova, Shmykova, 2008; Asadi et al., 2018; Amirian et al., 2019).

В большинстве опубликованных исследований проводится изучение факторов, влияющих на индукцию андрогенеза у огурца. Известно, что микроспорам нужен сигнал для перехода от гаметофитного к спорофитному пути. Чаще всего для этих целей используется холодовая предварительная обработка бутонов или температурная обработка повышенными температурами пыльников/микроспор сразу после введения в культуру *in vitro*, в том числе и у тыквенных культур. Во многих экспериментах благоприятное влияние на андрогенез оказывала предварительная холодовая температурная обработка бутонов при температурном режиме 4°C (Kumar et al., 2003, 2004; Song et al., 2007), однако ее продолжительность в разных исследованиях варьировала. Kumar et al. (2003) указали, что оптимальной была холодовая предварительная обработка бутонов в течение 2-3 суток, а при увеличении ее продолжительности до 4, 5 или 7 суток, эмбриогенный потенциал резко снижался. Также в проведенных исследованиях было отмечено, что холодоустойчивые образцы хорошо реагируют на холодовую предобработку, тогда как образцы огурца, предназначенные для выращивания в умеренных широтах, лучше реагировали на обработку повышенными температурами (Song et al., 2007). Достаточно часто используют комбинацию холодовой и последующей высокотемпературной обработки 32...35°C (табл.2).

Состав питательной среды также оказывает огромное влияние на успех технологии. Многие исследователи использовали среду MS в качестве основы индукционной среды для культуры пыльников *in vitro* (Song et al., 2007; Abdollahi et al., 2015, 2016). Только Suprunova и Shmykova (2008) использовали среду MSm (Masuda et al., 1981). Для культуры микроспор огурца в качестве индукционной среды используют среду NLN (Lichter, 1982) (Suprunova and Shmykova, 2008; Zhan et al., 2009). Интересно, что среды NLN и B5 не показывали значительных различий по индукции эмбриоидов для культуры микроспор огурца (Zhan et al., 2009). В культуре пыльников огурца наблюдались различия между сортами при культивировании на средах MS с измененной концентрацией макроэлементов (половинной, полной, 1,5-кратной и двукратной). Максимальное количество эмбриоидов (1,26 и 1,23 эмбриоида/пыльник) было получено на среде MS с полной и половинной концентрацией мак-

розлементов, в то время как двукратное увеличение в среде макроэлементов приводило к увеличению каллусогенеза (Abdollahi et al., 2016).

Большое влияние на индукцию будут оказывать регуляторы роста, присутствующие в питательной среде. Эмбриоиды и морфогенные каллусы получают в культуре пыльников или микроспор на питательных средах, содержащих различные концентрации 6-бензиламинопурина (БАП/BAР), 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д/2,4-D) и кинетина (КТ). За андрогенезом следует стадия дифференцировки, для которой не желательно присутствие в питательной среде 2,4-Д, поэтому в питательные среды обычно добавляют (различные варианты по концентрации и соотношению между собой) БАП, 1-нафталинуксусной кислоты (НУК/NAА) и КТ (Kumar & Murthy, 2004; Kumar et al. al., 2003; Song et al., 2007; Abdollahi et al., 2016; Asadi et al., 2018).

Несмотря на определенные успехи, достигнутые в последнее время при разработке технологии получения удвоенных гаплоидов огурца в культуре пыльников и микроспор, о массовом применении этих технологий пока речи не идет. Кроме того, использование культуры пыльников и микроспор имеет ограничения, поскольку проблематично использовать андрогенез для женских растений огурца (гиноцийные формы), а также в связи с тем, что селекция тыквенных культур, в первую очередь, направлена на создание форм с женским типом цветения, закрепленным генетически. Однако полученные в 2019 году данные позволяют делать оптимистичные выводы по использованию андрогенеза для получения ДН-растений огурца. Предложенная авторами технология включала обработку донорных растений (в том числе, и гиноцийные формы) при выращивании нитратом серебра (AgNO₃) и гиббереллиновой кислотой (ГК/GA₃). Обработки этими веществами вызывали не только образование мужских цветков у гиноцийных образцов, но и увеличивали образование андрогенных каллусов и эмбриоидов. Было отмечено, что количество мужских цветков у растений, обработанных ГК, было в три раза меньше, чем у растений, обработанных AgNO₃, однако пыльники растений, обработанных ГК, производили больше эмбриогенных каллусов и эмбриоидов у гиноцийных форм (Amirian et al., 2019).

Гиногенез. Наибольшей популярностью в последнее время в семействе *Cucurbitaceae* пользуется получение удвоенных гаплоидов в культуре неопыленных семян *in vitro*. В основе этой технологии лежит гиногенез. Отличие гиногенеза от индуцированного партеногенеза заключается в том, что в культуру вводят неопыленные завязи (фрагменты завязи) или выделенные семяпочки, а не неполноценные зародыши, выделенные из семян. При культивировании на искусственных питательных средах гаплоидные клетки зародышевого мешка переходят с гаметофитного пути развития на спорофитный с образованием из них эмбриоидов (прямой эмбриогенез) или морфогенного каллуса, из которого в последующем образуется растение (непрямой эмбриогенез). Chambonnet D. и Dumas de Vaulx R. (1985) впервые получили в культуре неоплодотворенных семян *in vitro* гаплоидные растения кабачка, и с этого времени гиногенез является альтернативным источником получения удвоенных гаплоидов у овощных культур семейства *Cucurbitaceae* (Dong et al., 2016). На процесс индукции гиногенеза влияет большое число факторов: генотип растения, условия выращивания донорного растения, стадия развития женского гаметофита, состав питательной среды, стрессовые обработки. При использовании культуры неопыленных семян, так же, как и культуры пыльников, всегда остается открытым вопрос: из каких тканей (соматических или гаметофитных) произошло образование эмбриоида/каллуса, что требует в дальнейшем проведение анализа выравнивания полученного потомства. Регенерацию диплоидных растений из клеток нуцеллуса и интегументов наблюдали в культуре неопыленных семян риса (Kuo, 1982) и табака (Wu and Chen, 1982), а аналогичных работ для тыквенных культур нам не встречалось, тем не менее, использование молекулярных маркеров

поможет отделить истинных удвоенных гаплоидов от диплоидов, образовавшихся из соматических тканей.

Впервые упоминание о получении удвоенных гаплоидов с помощью неопыленных семяпочек огурца было зарегистрировано в виде патента в 1996 году от компании Nuhmes Zaden BV, в котором Robert Dirks подробно описал процесс гиногенеза для этой культуры (US Patent 5492827). Дальнейшее изучение процесса гиногенеза было исследовано Gemes Juhász A. и др. (1997), в ходе которого были успешно получены гаплоидные растения. Краткие протоколы по использованию метода культуры неопыленных семяпочек *in vitro* (гиногенеза) у огурца представлены в таблице 3.

Чаще всего технология получения растений-регенерантов в культуре неопыленных семяпочек включает в себя пять основных этапов. Первый этап – индукция эмбриогенеза, обеспечивающая переход клеток зародышевого мешка с гаметофитного пути развития на спорофитный с образованием эмбриоидов или морфогенного каллуса. Второй и третий этап включает регенерацию растений и их укоренение в культуре *in vitro*. Четвертый этап – это адаптация растений к условиям *in vivo* и пятый – самоопыление полученных растений-регенерантов R₀ и получение семенного потомства. На каждый этап будут влиять свои критические факторы. Изучение этих факторов позволяет оптимизировать технологию под конкретный вид и генотип.

На первом этапе одним из критических факторов является стадия развития зародышевого мешка. У тыквенных культур зародышевый мешок образуется по Polygonium-типу, он полностью созревает и готов к оплодотворению через несколько часов после раскрытия цветка. Оптимальной стадией для введения в культуру *in vitro* является почти зрелый зародышевый мешок за 6 часов до распускания цветка (Gemes Juhász et al., 2002). Li et al. (2013) изучали влияние стадии развития завязи огурца при введении его в культуру *in vitro*, они установили, что лучшее время для введения эксплантата в культуру – за один сутки до распускания цветка, в случае если сбор был проведен раньше на 12 часов, то разница в количестве отозвавшихся семяпочек может достигать девяти раз. В связи с этим бутоны необходимо изолировать с вечера, а рано утром срезать. Для большинства тыквенных культур оптимальным будет полураскрывшийся бутон (Шмыкова, Супрунова, 2009; Шмыкова и др., 2015; Domblides et al., 2019).

При создании технологии получения удвоенных гаплоидов огурца используют два разных способа введения в культуру *in vitro*. В первом случае молодая завязь огурца после поверхностной стерилизации разрезалась продольно (Gemes Juhász et al., 2002; Li et al., 2013; Tantasawat et al., 2015; Sorntip et al., 2017; Ozsan et al., 2017) или поперечно (Diao et al., 2008; Moqbeli et al., 2013; Ozsan et al., 2017) на фрагменты, которые сразу же помещались на индукционную питательную среду, и только после трех-четырех недель культивирования развившиеся семяпочки (либо образовавшийся из них каллус и эмбриоиды) извлекали и пересаживали на свежую питательную среду для последующей регенерации из них растений. Во втором случае семяпочки сразу выделяли из молодой завязи огурца и помещали на индукционную питательную среду (Шмыкова, Супрунова, 2009; Plapung et al., 2014a,b; Tantasawat et al., 2015; Шмыкова и др., 2015; Domblides et al., 2019).

Оптимальный состав питательной среды является одним из важнейших компонентов, обеспечивающих успех технологии получения удвоенных гаплоидов. Обычно в технологии используют две питательные среды – индукционная питательная среда и регенерационная питательная среда. В качестве индукционных сред применяют разные питательные среды. Среда Miller (Miller, 1963) с добавками была использована Dirks в 1996, а среда CLC (Chee et al., 1992) первоначально использовал в своих исследованиях Gemes Juhász A. (1997). Специально для тыквенных культур позднее им была разработана индукционная среда CBM (Cucumber Basal Medium) (Gemes Juhász et al., 2002), которую успешно использовали большое количество исследовательских групп (Suprunova, Shmykova, 2008; Li et al., 2013;

Ozcan et al., 2017). При культивировании семян тыквенных культур часто использовали и питательную среду MS в своих исследованиях в качестве основы для индукции гиногенеза (Diao et al., 2009; Moqbeli et al., 2013; Tantasawat et al., 2015; Sorntip et al., 2017). Suprunova, Shmykova (2008) использовали в своих исследованиях среду МСм (Masuda et al., 1981). В лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦО была разработана питательная среда IMC (Induction Medium for *Cucurbitaceae*), которая была успешно использована для огурца (Шмыкова и др., 2015; Domblides et al., 2019). Состав этой питательной среды значительно отличается от среды CBM и MS. Эта среда содержит повышенное содержание KNO_3 (2496,3 мг/л), увеличенное содержание никотиновой кислоты (5 мг/л), а также обогащенный аминокислотный состав.

Большое значение для индукции гиногенеза будут иметь использующиеся регуляторы роста растений (цитокинины, ауксины) и разнообразные добавки в составе индукционной среды. Большинство исследований было сделано о влиянии добавления тидиазурина в индукционную питательную среду (Suprunova and Shmykova, 2008; Diao et al., 2009; Li et al., 2013; Moqbeli et al., 2013; Ozcan et al., 2017). Впервые тидиазурон TDZ при гиногенезе в культуре неопыленных семян огурца применили в своих исследованиях (Gémes Juhász et al., 1997; 2002), отметив что TDZ повышает скорость развития и формирования зародыша. Suprunova and Shmykova, 2008 изучили как влияют концентрации TDZ: 0,02 мг/л, 0,1 мг/л, 0,2 мг/л и пришли к выводу, что для каждого сорта необходимо подбирать, свое количество цитокинина. Для двух генотипов огурца подошла концентрация 0,2 мг/л, а для одного – 0,1 мг/л, при этом они отметили, что при отсутствии в индукционной среде CBM хелата железа ($\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$) семена почти с любой концентрации TDZ не развиваются. Diao et al. (2009) изучили концентрации 0,01 мг/л, 0,02 мг/л и 0,04 мг/л TDZ, и отметили, что для всех изученных генотипов оптимальной оказалась концентрация 0,04 мг/л, а при отсутствии TDZ зародыш не развивался совсем. Изучая концентрации TDZ 0,03 мг/л, 0,05 мг/л, 0,07 мг/л и 0,09 мг/л (Li et al., 2013) также получили разные данные, один генотип лучше отзывался на концентрацию 0,03 мг/л, а другой – на 0,07 мг/л, при этом все концентрации TDZ показали результат выше, чем у контроля. Эти результаты подтверждают выводы Suprunova and Shmykova (2008). Moqbeli et al. (2013) и Ozcan et al., (2017) также изучили влияние пониженных концентраций тидиазурина от 0,01 до 0,04 мг/л и подтвердили выводы сделанные ранее, что для каждого генотипа необходима своя концентрация TDZ, в их работах лучше всего на индукцию эмбрионов повлияли концентрации 0,03 мг/л и 0,04 мг/л.

Чаще всего в качестве дополнительной добавки в индукционную питательную среду использовали нитрат серебра (AgNO_3) (Diao et al., 2009; Li et al., 2013). Diao et al., 2009 отметил, что использование AgNO_3 в концентрации 10 мг/л ускоряло появление и развитие эмбрионов. В экспериментах Li et al. (2013) оптимальной оказалась концентрация 5 мг/л для одного генотипа и 10 мг/л – для другого генотипа, более же высокие и более низкие концентрации не оказывали значимого влияния на индукцию и развитие эмбрионов. В своих исследованиях Sorntip et al. (2017) экспериментировал с различными добавками (поливинил-пирролидон (PVP), кокосовое молоко, банановый экстракт, томатный экстракт) в индукционные и регенерационные питательные среды. Было отмечено, что PVP удаляет фенольные соединения, и за счет этого каллус дольше остается зеленым и не требует постоянных пересадок. В средах без PVP каллус достаточно быстро становился коричневым и черным. А вот добавление кокосового молока, бананового экстракта, томатного экстракта в индукционную среду приводило к снижению количества образовавшихся эмбрионов. Sorntip et al. (2017) также использовали в одной из своих индукционных сред 0,02 мг/л триаконтанола (TRIA) и 1 мг/л трииодобензойной кислоты (TIBA), однако добавление их в питательную среду не вызвало положительного эффекта, а наоборот, снижало процент образования эмбрионов и каллуса.

Следующим важным фактором были условия культивирования и использования температурной обработки. Культивирование семян в первые две недели можно проводить как на свету, так и в темноте. Для индукции эмбриогенеза у огурца эффективно применять температурную обработку в течение 7-10 дней при 32°C в темноте и лишь затем переносить на свет и 25°C (Domblides et al., 2019).

После индукции гиногенеза и успешного образования из неопыленных семян эмбрионов или каллуса, образовавшиеся структуры необходимо переносить на регенерационные питательные среды. Этот этап во многом схож с аналогичными этапами при андрогенезе и партеногенезе. В качестве среды для регенерации чаще всего используется регенерационная среда CBM (Gémes Juhász et al., 2002; Suprunova and Shmykova, 2008; Moqbeli et al., 2013;) или среда MS (Gémes Juhász et al., 1997; Suprunova and Shmykova, 2008; Diao et al., 2009; Tantasawat et al., 2015; Sorntip et al., 2017). В случае прямого эмбриогенеза и образования хорошо сформированного эмбриона можно использовать безгормональные питательные среды (Gémes Juhász et al., 1997; Li et al., 2013), но такое у огурца происходит не часто, по сравнению с другими тыквенными культурами, и тогда необходимо вводить в питательные среды регуляторы роста. Чаще всего для этих целей используют ауксины и цитокинины в различном соотношении. Gémes Juhász et al. (2002), Suprunova and Shmykova (2008) использовали в своих средах 0,05 мг/л НУК и 0,2 мг/л БАП. Moqbeli et al. (2013) использовали концентрацию 0,05 мг/л НУК и 1,5 мг/л БАП. Suprunova and Shmykova (2008) использовали также только НУК 0,04 мг/л и 0,2 мг/л, а Diao et al. (2009) использовали только БАП в концентрации 0,3 мг/л и 1,5 мг/л.

Об эффективности созданной технологии обычно судят по выходу гаплоидов/удвоенных гаплоидов на 1 культивируемую завязь или числу полученных растений из 1 завязи. Так, в опубликованном патенте US Patent 5492827 эффективность разработанной технологии составляет 240 эмбрионов из 300 завязей огурца (то есть 0,8 эмбрионов на 1 завязь) (Dirk, 1996), в исследованиях Gémes-Juvaz et al. (2002) на огурце максимально она составляет 18,4 эмбриона и 7,1 растения на 100 культивированных завязей (то есть 0,18 эмбрионов и 0,07 растений на 1 культивируемую завязь). Diao et al. (2009) сообщили, что смогли добиться на огурце наибольшего процента индукции гиногенеза в семяпочках (89,4%) и максимального процента регенерации (9,0%). При этом им удалось получить из 366 культивируемых завязей 33 растения, что составляет 0,09 растений на 1 завязь. Li et al., (2013) сообщили об образовании эмбрионов с частотой 12,4% (0,12 эмбрионов на 1 культивируемую завязь). Другие исследователи смогли получить до 9 эмбрионов и одного растения огурца из 18 культивируемых завязей, что составит 0,5 эмбрионов и 0,05 растений на 1 культивируемую завязь (Ozsan et al., 2017). Наилучший результат был получен в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦО (ВНИИССОК) где удалось достичь индукции гиногенеза у одного из образцов до 62,9% (Шмыкова, Супрунова, 2009) и получить до 20 растений из одной завязи (Шмыкова и др., 2015; Domblides et al., 2019). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования технологии получения удвоенных гаплоидов в культуре неопыленных семян *in vitro*.

Закключение

Важнейшим фактором, препятствующим использованию гаплоидов в селекции огурцов (*Cucumis sativus* L.), является отсутствие эффективного способа их производства в больших масштабах. Разработка эффективной системы производства удвоенных гаплоидов и ее дальнейшее применение в программах селекции тыквенных культур может сократить время, необходимое для получения гомозиготной линии, а также обеспечить селекционера разнообразным линейным материалом, необходимым для создания новых высокоурожайных гибридов с комплексом хозяйственно ценных признаков. Большое количество исследо-

ваний, появившихся в последние годы по получению удвоенных гаплоидов в культуре неопыленных семяпочек и, особенно, культуре пыльников и микроспор, позволяет надеяться, что скоро будет создана перспективная технология получения удвоенных гаплоидов огурца. Основная проблема, которую необходимо решить, для всех трех технологий, это как эффективно перевести полученные растения из гаплоидов в удвоенные гаплоиды. Основными успешными подходами в данном направлении, как нам видится, будет не использование обработок колхицином, а стимулирование вторичного эмбриогенеза на ранних стадиях развития образовавшихся эмбриоидов, за счет которого происходит достаточно часто спонтанное удвоение, либо использование листовых эксплантов гаплоидных растений для повторной регенерации из них растений. Также в связи с физиологическими особенностями огурца у растений после культуры *in vitro* достаточно часто бывает трудно добиться одно-временного распускания мужского и женского цветка, чтобы провести самоопыление, в связи с этим необходимо

на этапе регенерации проводить клональное размножение, чтоб получить как можно больше растений одного генотипа, а также использовать обработки различными стимуляторами, например, нитратом серебра и гиббериллиновой кислотой.

Список сокращений/Abbreviations:

DH – doubled haploid-удвоенный гаплоид;
2,4-D – 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid – (2,4-Д);
IAA – Indole-3-acetic acid (ИУК);
NAA – α -naphthaleneacetic acid (НУК);
TDZ – thidiazuron 1-Phenyl-3-(1,2,3-thiadiazol-5-yl)urea (тидазурон);
KT – Kinetin (кинетин);
BAP – 6-Benzylaminopurine (БАП);
PVP – Polyvinylpyrrolidone (ПВП);
TRIA – Triacontanol – 1-Триакоктанол;
TIBA – 2,3,5-Triiodobenzoic acid – 2,3,5-Трийодбензойная кислота

Таблица 1. Краткие протоколы по использованию метода опыления облученной пылью (γ-облучение, 60Co) завязей огурца (партеногенез *in situ*)

Table 1. Concise protocols for the use of pollination of cucumber ovaries with irradiated pollen (γ-ray, 60Co) (parthenogenesis *in situ*)

Доза облучения/ Radiation dose	Время года/ Time of the year	Возраст растения, недели/ Developmental stage, weeks	Индукционная среда (мг/л)/ Induction medium (mg/l)	Регенерационная среда/ Regeneration medium	Методы оценки растений/ Plant evaluation	Идентифицированная плоидность полученных растений/ Plant ploidy identified	Литературный источник/ References
300 -1000 Гр						H, M	Sauton, 1989
300 Гр			E20		Метод Фельгина	DH, H	Niemirowicz-Szczytt, Dumas de Vaulx, 1989
300 Гр	Лето	3–5	E20A	MS	ЦА, МО, ППХ	DH, H, M	Przyborowski, Niemirowicz-Szczytt, 1992
300 Гр	Лето					H	Caglar, Abak, 1996 a
200 Гр,	Весна	4	MS + 0,01 мг/л IAA+3% сахара	MS	ППХ	DH, H	Deunff, Sauton, 1994
300 Гр	Лето		E20A			DH, H	Caglar, Abak, 1999 a,b,c
100, 200 Гр		3–5	E20A	1/2 MS	ППХ	DH, H	Faris, Niemirowicz-Szczytt, 1999
250, 500 Гр		3–5	E20H8 + 0,011 мг/л IAA + 2,54 мг/л AgNO ₃	E20H8 + 0,011 мг/л IAA + 2,54 мг/л AgNO ₃	ПЦ, MMC	DH, H	Claveria et al., 2005
100-400 Гр		2–35	MS	MS +0,2 мг/л BAP+ 3% сахара	МО, ПП, ПС	DH, H, M	Lei et al., 2006
250, 500 Гр			E20H8 + 0,06 мкм/л IAA + 15 мкм/л STS		ПЦ, MMC	DH, H, M	Dolcet-Sanjuan et al., 2006
300 Гр		3–5	E20A	MS	MMC	DH, H	Smiech et al., 2008
250 Гр		21–23	E20A	E20A			Lofti, Salehi, 2008
300 Гр		5-6 недель	E20A	½ MS + 1,5 мг/л 2,4-D		DH, H	Galazka et al., 2015

Примечание: ППХ – Прямой подсчет хромосом; MMC – Использование молекулярных маркеров (SSR, RAPD, ALFP); ЦА – Цитологический анализ (в том числе размер устьиц, количество хлоропластов в замыкающей клетках, длина замыкающих клеток); МО – Морфологическое описание; ПП – Показатели пыльцы; ПС – Прорастание семян; DH – Удвоенный гаплоид; H – Гаплоид; M – Миксоплоид.

Таблица 2. Краткие протоколы по использованию метода культуры пыльников и микроспор *in vitro* (андрогагенеза) у огурца
 Table 2. Concise protocols for the use of anther and microspore cultivation *in vitro* (androgenesis) in cucumber

Метод/ Method	Стадия цвете- ния	Холодовая предобработка/ Cold pretreatment	Обработка повышенной температу- рой/ Heat shock	Индукционная среда / Induction medium (mg/l)	Регенерационная среда/ Regeneration medium	Методы оценки растений	Идентифи- цированная плоидность полученных растений	Литературный источник/ References
КП	СПОС	4°C в течение 2 дней	32°C в течение 1 дня	B5 + 0,44 мг/л 2,4-D + 0,23 мг/л BAP	B5 + 0,06 мг/л KT + 0,055 мг/л NAA	ППХ	DH, H	Kumar et al., 2003, 2004, Kumar, Murthy, 2004
КП	СПОС	4°C в течение 2-3 дней		B5 + 0,442 мг/л 2,4-D + 0,225 мг/л BAP + 5% сахароза		ППХ	H	Xie et al., 2005
КП	СПОС	4°C	33°C в течение 1 часа	MS + 1,0 мг/л BAP + 1,1 мг/л KT + 0,5 мг/л 2,4-D + 3% сахароза	MS + 0,5 мг/л BAP + 6% сахароза	ППХ, ММС	DH, H	Song et al., 2007
КП	ПОС		35°C в течение 72 часов	MSm + 2,0 мг/л 2,4-D + 1,0 мг/л BAP + 8% сахароза	MS + 0,2 мг/л BAP + 0,05 мг/л NAA + 2% сахароза			Suprunova, Shmykova, 2008
КМ	ПОС		22°C	NLN + 10% сахароза + 2,0 мг/л 2,4-D				Suprunova, Shmykova 2008
КМ		4°C в те- чение 2 дней		NLN + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 13% сахароза, pH=5,8	MS+0,2 мг/л BAP + 3% сахароза + 0,8% агар. pH=5,8	ППХ, ММС, ПЦР	DH	Chen et al. 2008 (patent)
КМ	ПОС	4°C в те- чение 2-3 дней	33°C в течение 1 дня	NLN + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 13% сахароза	MS + 0,2 мг/л BAP + 3% сахароза	ППХ	DH, H	Zhan et al., 2009
КП	СПОС		25 °C в течение 4 дней	MS + 0,44 мг/л 2,4-D + 0,23 мг/л BAP + 0,37 мг/л KT + 2,5% сахароза	MS + 3,0 мг/л BAP + 0,1 мг/л NAA + 3% сахароза	ППХ	DH, H	Hamidvand et al., 2013
КП	СПОС		25°C	MS + 0,5 мг/л 2,4-D + 1,0 мг/л BAP + 1,15 мг/л KT + 3% сахароза	MS + 0,1 мг/л NAA + 30мг/л BAP + 3% сахароза	ППХ	DH, H	Abdollahi et al., 2016
КП	СПОС	4 °C в те- чение 2 дней	35°C в течение 1 часа потом 25°C 20 дней	MS + 3% сахароза + 0,8 агар	MS + 0,05 и 0,1мг/л NAA (0,05 и 0,1 мг/л) и BAP (3,4 мг/л) + агар MS + BAP (0,68- 0,91 мг/л)	ММС, ПЦ	T, DH	Asadi et al., 2018
КМ		4°C в те- чение 2 дней		NLN + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 13% сахароза, pH=5,8				
КМ		4°C до 4 дней	0...33°C, от 24 до 72 часа	1) MS-B5 + 30-170 г/л угле- воды + 10 мг/л SAHA + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 0,5-50 мг/л PAA + 10-100 мг/л активированный уголь На 7-10 день добавление 100 мг/л путресцина 2) На глобулярной стадии перенос эмбрионов на двухслойную среду: Нижний слой: MS-B5 + 30- 120 г/л углеводы + 7 г/л агар + 100 мг/л путресцин + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 1-5 г/л активирован- ный уголь Верхний слой: MS - B5 + 30-170 г/л углеводы + 10 мг/л SAHA + 100 мг/л пут- ресцин + 0,5 мг/л 2,4-D + 0,2 мг/л BAP + 0,5-50 мг/л PAA + 10-100 мг/л активи- рованный уголь	1/2 MS-B5 + 30- 120 г/л углеводы + 7 г/л агар + 0,5-2 мг/л BAP	ППХ, ММС, ПЦР	DH, TH, T, A	Chen et al. 2018 (patent)
КП	ПН	4°C в те- чение 2 дней	25±1°C - 20 дней	MS + 7 г / л агар, 4% саха- роза, 4,52 мкМ/л - 2,4-D, 4,44 мкМ/л BAP, 1,16 мкМ/л - KT, аминокислоты: Arg, Asp, Cys и Gln по 0,5 мМ каждая, pH: 5,7 ± 0,1. MS + NAA - 1,08 мкМ/л, 4,44 BAP, 7,5 г/л - агар и 8,5% - сахароза	MS + 2,22 мкМ/л BAP + 6% сахаро- за.	ММС, ЦА	DH, H	Amirian et al., 2019

Примечание: КП - Культура пыльников; КМ - Культура микроспор; ПОС - Поздняя одноядерная стадия; СПОС - Среднепоздняя одноядерная стадия; ПН - Поздней неядерная стадия; ПЦ - Проточная цитометрия; ППХ - Прямой подсчет хромосом; ММС использованием молекулярных маркеров (SSR, RAPD, ALFP); ЦА - Цитологический анализ (в том числе размер устьиц, количество хлоропластов в замыкающей клетках, длина замыкающих клеток; DH- Удвоенный гаплоид; H- Гаплоид; М - Миксоплоид, Т- Триплоид TH- Тетраплоид, А-Анеуплоид

Таблица 3. Краткие протоколы по использованию метода культуры неопыленных семязпочек *in vitro* (гиногенеза) у огурца
Table 3. Concise protocols for the use of unipollinated ovule cultivation *in vitro* (gynogenesis) in cucumber

Эксплантат/ Explant	Стадия развития цветка/ developmental stage of flower	Обработка повышенной температурой/ heart shock	Индукционная среда / Induction medium (mg/l)	Регенерационная среда/ Regeneration medium	Методы оценки растений	Идентифи- цированная плоидность полученных растений	Литературный источник/ References
Фрагменты завязи	1-3 дня до раскрытия цветка	27°C	Среда Miller + орг. добавки по Fujii + 0,1 mM FeEDTA+ 3% саха- роза + 9 мг/л витамин B1 + 0,79 мг/л BAP + агар. pH 5,8	безгормональная индукционная среда		DH, H	Dirks, 1996 (patent)
Фрагменты завязи	Во время раскрытия		1) CCL + 4% сахароза + 0,02 мг/л TDZ (10 суток) 2) CCL + 4% сахароза + 0,05 мг/л NAA + 0,2 мг/л BAP 3) CCL + 4% сахароза + 0,02 мг/л NAA + 0,04 мг/л BAP	MS+3% сахароза	ППХ	H	Gemes- Juhász et al., 1997
Фрагменты завязи	За 6 часов до раскрытия цветка	35°C в течение 2-4 дней	CBM + 4% сахароза + 0,02 мг/л TDZ	CBM+3% сахароза +0,05 мг/л NAA+ 0,2 мг/л BAP	ППХ, ПЦ	DH, H, M	Gemes- Juhász et al., 2002
Семязпочки	6 часов до раскрытия цветка	22°C	MSm + 5% сахароза + 0,2 мг/л TDZ + 0,2 мг/л BAP	MSm + 3% сахароза+ 0,05 мг/л NAA+ 0,2 мг/л BAP			Suprunova, S hmykova, 2008
Семязпочки	Полураскрытый бутон	22...24°C	1) MSm + 0,1/ 0,2 мг/л TDZ + 5% сахароза + 0,7% агар 2) CBM + 1/2 хелата железа ((FeSO ₄ X 7H ₂ O– 13,9 мг/л и Na ₂ EDTA – 18,6 мг/л) + 0,02/0,2 мг/л TDZ + 5% сахароза + 0,7% агар	MSm или CBM+ 0,4 мг/л BAP + 0,02 мг/л NAA 3% сахароза			Супрунова, Шмыкова, 2009
Фрагменты завязи	1 день до раскрытия цветка	35°C 3 дня, затем 25°C	MS + 3% сахароза + 0,04 мг/л TDZ	MS + 0,3 мг/л BAP	ППХ, ПЦ	DH, H, T	Diao et al., 2009
Фрагменты завязи	Во время раскрытия цветка	35°C 4 дня в темноте	CBM + 4% сахароза + 0,03-0,07 мг/л TDZ	CBM + 3% сахароза+ 0,05 мг/л NAA + 0,2 мг/л BAP	ПЦ	DH, H, M	Li et al., 2013
Фрагменты завязи	1 день до раскрытия цветка	35°C 3 дня	MS + :0; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 мг/л TDZ + 3% сахароза MS+1,5 мг/л GA ₃	MS + 0,05 мг/л NAA + 1,5 мг/л BAP	ППХ	DH, H	Moqbeli et al., 2013
Семязпочки	1 день до раскрытия цветка	25°C	CBM + 5,0 мг/л AgNO ₃	MS + 2,0 мг/л + BAP + 1,0 мг/л IAA	ЦА, ППХ	DH, H	Plapung et al. (2014a,b)
Семязпочки	1 день до раскрытия цветка	35°C в течение 3 дней	MS + 1,0 мг/л TDZ + 1,0 мг/л BAP	MS + 0,2 мг/л BAP + 0,05 мг/л NAA	ЦА		Tantasawat et al., 2015
Фрагменты завязи	1 день до раскрытия цветка	35°C в течение 4 дней, потом 25°C	MS +1,5 мг/л 2,4-D + 4 мг/л BAP + 3% сахарозы + 0,8% агар. pH=5,8				Golabadi et al., 2017
Фрагменты завязи	1 день до раскрытия цветка	27 ± 2°C	MS+1 мг/л TDZ+1 мг/л BAP+800 мг/л Gln+30 г/л - сахара- зы + 3 г/л - гелита, pH 5,7	1) D2: MS + 0,05 мг/л NAA + 0,2 мг/л BAP + 0,02 мг/л TRIA + 100 мг/л Pro + 20 мг/л + 2 мг/л AgNO ₃ + 3 г/л гелита; pH 5,7 2) MST3 +:MS + 0,05 мг/л IBA + 1 мг/л TDZ + 0,5 мг/л GA ₃ + 0,02 мг/л TRIA + 1,38 г/л Pro + 30,7 мг/л глутатиона + 2 мг/л AgNO ₃ +100 мл/л коко- совой воды + 50 г/л томатов + 30 г/л сахарозы + 3 г/л гелита + 0,1 мг/л ABA + 10 г/л PVP + 50 г/л банана; pH 5,7	ППХ, ПЦ	DH, H, T	Sorntip et al., 2017
Фрагменты завязи	1 день до раскрытия цветка	35°C в течение 3 дней, в темноте, потом 25°C в течение 2 дней	CBM + 1,0 г / л КТ +0,1 мг/л + 0,037 г/л FENAEDTA	CBM + 0,05 мг/л NAA + 0,2 мг/л BAP			Ozsan et al., 2017
Семязпочки	Полураскрытый бутон	32°C в течение 7-10 дней в темноте	IMC (Induction medium for Cucurbitaceae)+ 0,02/ 0,2 мг/л TDZ+ 0,0001 мкМ/л epibrassi- nolid	MS + 2% сахароза + 3 г/л фитогель	ППХ, ПЦ, МО, ЦА	H, DH, M	Dombldes et. al, 2019

Примечание: ППХ - Прямой подсчет хромосом; ПЦ - Проточная цитометрия; МО - Морфологическое описание; ЦА - Цитологический анализ (в том числе размер устьиц, количество хлоропластов в замыкающей клетках, длина замыкающих клеток); DH - Удвоенный гаплоид; H - Гаплоид; M - Миксоплоид; T - Тетраплоид.

Об авторах:

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

Белов Сергей Николаевич – м.н.с. лаб. репродуктивной биотехнологии в селекции с.-х. растений <https://orcid.org/0000-0002-4387-9153>

Солдатенко Алексей Васильевич – доктор с.-х. наук, проф. РАН, главный н.с., директор <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Пивоваров Виктор Федорович – академик РАН, доктор с.-х. наук, проф. <https://orcid.org/0000-0001-9522-8072>

About the authors:

Elena A. Domblides – Ph.D. in Agriculture, Head of Laboratory of Reproductive Biotechnology in Crop Breeding <https://orcid.org/0000-0002-2695-190X>

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

Alexey V. Soldatenko – Dr. Sci. (Agriculture) <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>

Victor F. Pivovarov – Academician of the RAS, Dr. Sci. (Agriculture) <https://orcid.org/0000-0002-2695-190X>

• Литература / References

- Вавилов НИ. Генетика на службе социалистического земледелия. Колос. 1932; 32-56 /Vavilov NI. Genetics in the service of socialist agriculture. Kolos. 1932;32-56 (In Russ.)
- Иванов МА. Экспериментальное получение гаплоидов у *Nicotiana glauca* (со специальным рассмотрением гаплоидии у цветковых растений). Изв. биол.-геогр. научн.-иссл. института при Восточно-Сибирском гос. университете. 1937;3(4):71-56. / Ivanov MA. Experimental production of haploids in *Nicotiana glauca* L. *Genetica*. 1937;20:295-397 (In Russ.)
- Карпеченко ГД. Экспериментальная полиплоидия и гаплоидия. Теоретические основы селекции растений. 1935;1:397-434/Karpechenko GD. Experimental polyploidy and haploidy. *Theoretical Foundations of Plant Breeding*. 1935;1:397-434. (In Russ.)
- Хохлов СС, Гришина ЕВ, Зайцева МИ., Тырнов ВС, Малышева-Шихинская НА. Гаплоидия у покрытосеменных растений. Изд. Саратовского университета. 1970;13/ Khokhlov SS, Grishina EV, Zaijceva MI., Tyrnov VC, Malysheva-Shishinskaya NA. Haploidy in angiosperms. Ed. *Saratov University*. 1970;13 (In Russ.)
- Шмыкова Н.А., Химич Г.А., Коротцева И.Б., Домблидес Е.А. Перспективы получения удвоенных гаплоидов растений семейства *Cucurbitaceae*. Овощи России. 2015;(3-4):28-31. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-28-31> /Shmykova N.A., Khimich G.A., Korotseva I.B., Domblides E.A. Prospective of development of doubled haploid plants of *Cucurbitaceae* family. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(3-4):28-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-28-31>
- Супрунова НА, Шмыкова ТП. Индукция гиногенеза в культуре *in vitro* неопыленных семяпочек *Cucumis sativus* L. Гавриш. 2009;4:40-44/ Shmykova N.A., Suprunova T.P. (2009) An induction gynogenesis in culture *in vitro* not-pollinated seedbuds of *Cucumis sativus* L. *Gavrish*. 2009;4:40-44. (In Russ.)
- Aalders LE. Monoploidy in Cucumbers. *J. Heredity*. 1958;49(1):41-44.
- Abdollahi MR, Najafi S, Sari Khani H, Moosavi SS. Induction and development of anther-derived gametic embryos in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by optimizing the macronutrient and agar concentrations in culture medium. *Turk J Biol*. 2016; 40:1-10.
- Amirian R, Hojati Z, Azadi P. Male flower induction significantly affects androgenesis in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2019.
- Antos M, Bulat E, Zawislak E. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploids induction with use of X-rays. *Folia Hort*. 2001;13(1A):81-84.
- Asadi A, Zebajadi A, Abdollahi MR, Segun-Simarro JM. Assessment of different anther culture approaches to produce doubled haploids in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Euphytica*. 2018;11:214,216.
- Baktemur G, Taskin H, Вьюкаласа S. Comparison of different methods for separation of haploid embryo induced through irradiated pollen and their economic analysis in melon (*Cucumis melo* var. *inodorus*). *Sci World J*. 2013;10:1-7.
- Belling J, Blakeslee AF. The configurations and sizes of the chromosomes in the trivalents of 25-chromosome *Daturas*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1924;10(3):116.
- Blakeslee A, Belling J, Farnham ME, Berger AD. A haploid mutant in *Datura stramonium*. *Science*. 1922;55:646-647.
- Caglar G, Abak K. In situ haploid embryo induction in cucumber (*Cucumis sativus* L.) after pollination by irradiated pollen. *Turk J Agric For*. 1999a;23(EK1):63-72.
- Caglar G, Abak K. Obtention of *in vitro* haploid plants from *in situ* induced haploid embryos in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Turk J Agric For*. 1999b;23(3):283-290.
- Caglar G, Abak K. Progress in the production of haploid embryos, plants and doubled haploids in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by gamma irradiated pollen in Turkey. *Acta Hort*. 1999c;492:317-322.
- Can H, Kal U, Ozyigit I, Paksoy M, Turkmen O. Construction, characteristics and high throughput molecular screening methodologies in some special breeding populations: a horticultural perspective. *Journal of Genetics*. 2019;98(3).
- Chambonnet D, Dumas De Vaulx R. Obtention of embryos and plants from *in vitro* culture of unfertilized ovules of *Cucurbita pepo*. *Cucurbit genetics*. 1985;Coop Rep 8:66.
- Chase SS, Troits B. Culture of haploids cell. *M. Gen. Coop. N. L*. 1949;33:130.
- Chee RP, Leskovaar DI, Cantliffe DJ. Optimizing embryogenic callus and embryo growth of a synthetic seed system for sweet potato by varying media nutrient concentrations. *J Am Soc Hort Sci*. 1992;117:663-667.
- Chen J, Zhan Y, Qian C, Lou Q. Cultivation method for isolated microspore of cucumber. *Nanjing Agricultural University*. 2008. Patent no CN 101317548.
- Chen J., Vanek E., Pieper M. Method for producing haploid, dihaploid and doubled haploid plants by isolated microspore culture. US2018/0213736A1
- Chu CC, Wang CC, Sun CS, Chen H, Yin KC, Chu CY, Bi FY. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *J Sci China Math*. 1975;18(5):659-668.
- Clausen RE, Mann MC. Inheritance in *Nicotiana glauca*: V. The Occurrence of Haploid Plants in Interspecific Progenies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1924;10(4):121-4.
- Claveria E, Garcia-Mas J, Dolcet-Sanjuan R. Optimization of cucumber doubled haploid line production using *in vitro* rescue of *in vivo* induced parthenogenic embryos. *J Am Soc Hort Sci*. 2005;130(4):555-560.
- Dal B, Sari N, Solmaz I. Effect of different irradiation sources and doses on haploid embryo induction in Altinbas (*Cucumis melo* L. var. *inodorus*) melons. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016;40:552-559.
- Deunff EL, Sauton A. Effect of parthenocarpy on ovule development in cucumber (*Cucumis sativus* L.) after pollination with normal and irradiated pollen. *Sex Plant Reprod*. 1994;7(4):221-228.
- Diao WP, Jia YY, Song H, Zhang XQ, Lou QF, Chen JF. Efficient embryo induction in cucumber ovary culture and homozygous identification of the regenerants using SSR markers. *Sci Hort*. 2008; 119(3):246-251.
- Dirks R. Method for the production of double-haploid cucumbers. 1996. United States Patent No. 5,492,827.
- Dirks, R, Van Dun K, De Snoo CB, Van Den Berg M, Lelivelt CL, Voermans W, Van Der Zeeuw, E. Reverse breeding: A novel breeding approach based on engineered meiosis. *Plant Biotechnology Journal*. 2009;7:837-845.
- Dolcet-Sanjuan R, Claveria E, Garcia-Mas J. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) dihaploid line production using *in vitro* rescue of *in vivo* induced parthenogenic embryos. *Acta Hort*. 2006; 725(2):837-844.
- Domblides EA, Shmykova NA, Khimich GA, Korotseva IB, Kan LYU, Ermolaev AS, Belov SN, Korotseva KS, Domblides AS, Pivovarov VF, Soldatenko AV. Production of doubled haploid plants of *Cucurbitaceae* family crops through unpollinated ovule culture *in vitro*. *VI International Symposium on Cucurbits*. 2019. June 30/July 4, p.51.
- Dong YQ, Zhao WX, Li XH, Liu XC, Gao NN, Huang JH, Wang WY, Xu XL, Tang ZH. Androgenesis, gynogenesis, and parthenogenesis haploids in cucumber species. *Plant Cell Rep*. 2016;35:1991-2019.
- Dryanovska OA. Induced callus *in vitro* from ovaries and anthers of species from the *Cucurbitaceae* family. *C R Acad Bulg Sci*. 1985;38:1243-1244.
- Dumas de Vaulx R. Obtention de plantes haploides chez le melon (*Cucumis melo* L.) apres pollinisation par *Cucumis ficifolius* A. *Rich C R Acad Sci III-Vie*. 1979;289:875-878.
- Dunwell JM. Haploids in flowering plants: origins and exploitation. *Plant Biotechnol J*. 2010;8:377-424.
- Eun, JS, Bak HB. Studies on the anther culture of *Cucumis sativus*: Histological studies on the diploid. *Kor J Plant Tissue Culture*. 1974; 2(1):17-22.
- Faris NM, Niemirowicz-Szczytt K. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) embryo development *in situ* after pollination with irradiated pollen. *Acta Biol*. 1999;41:111-118.
- Ficcadenti N, Sestili S, Annibaldi S, Di Marco M, Schiavi M. *In vitro* gynogenesis to induce haploid plants in melon *Cucumis melo* L. *Genet Breed*. 1999;53:255-257.
- Forster BP, Heberle-Bors E, Kasha KJ, Touraev A. The resurgence of haploids in higher plants. *Trends Plant Sci*. 2007;12(8):368-375.
- Gains EF, Aase HC. A haploid wheat plant. *Armer. Jour. Bot*. 1926;13:373-385.

38. Gałazka J, Niemirowicz-Szczytt K. Review of research on haploid production in cucumber and other cucurbits. *Folia Hort.* 2013;25(1):67–78.
39. Gałazka J, Słomnicka R, Gyrál-Radziszewska K, Niemirowicz-Szczytt K. Follination to DH-lines - verification and optimisation of protocol for production of double haploids in cucumber. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus.* 2015;14(3):81-92.
40. Gemes-Juhasz A, Balogh P, Ferenczy A, Kristof Z. Effect of optimal stage of female gametophyte and heat treatment on in vitro gynogenesis induction in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Cell Rep.* 2002;21(2):105–111.
41. Gemes-Juhasz A, Venczel G, Balogh P. Haploid plant induction in zucchini (*Cucurbita pepo* L. convar. giromontiina Duch) and in cucumber (*Cucumis sativus* L.) lines through in vitro gynogenesis. *Acta Hort.* 1997;447:623–625.
42. Germana MA. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding. *Plant Cell Rep.* 2011;30(5):839–857.
43. Gonzalo MJ, Olivier M, Garcia-Mas J, Monfort A, Dolcet-Sanjuan R, Katzir N. Simple-sequence repeat markers used in merging linkage maps of melon (*Cucumis melo* L.). *TAG.* 2005;110:802-811.
44. Guha S, Maheshwari SC. Cell division and differentiation of embryos in the pollen grains of *Datura in vitro*. *Nature.* 1966;212:97-98.
45. Guha S, Maheshwari SC. Development of embrioides from pollen grains of *Datura in vitro*. *Phytomorphology.* 1967;17(1-4):454-461.
46. Guha S, Maheshwari SC. In vitro production of embryos from anther of *Datura*. *Nature.* 1964; 204:497.
47. Hamidvand Y, Abdollahi MR, Chaichi M, Moosavi SS. The effect of plant growth regulators on callogenesis and gametic embryogenesis from another culture of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Int J Agric Crop Sci.* 2013;5(10):1089.
48. Hayase H. Studies on *Cucurbita* crosses. V. The occurrence of twin plants with a haploid chromosome number in the F₁ of *C. maxima* x *C. moschata*. *Jap. Jour. Breed.* 1954; 4:115-121.
49. HO KM, JONES GE. Mingo barley. *Canadian Journal of Plant Science.* 1980;60(1): 279-280.
50. Kasha, KJ. Haploids in higher plants. *International Symposium on Haploids in Higher Plants.* 1974.
51. Kielkowska A, Havey MJ. In vitro flowering and production of viable pollen of cucumber. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC).* 2012;109(1):3-82.
52. Kimber G, Riley R. The relationship of diploid progenitors of hexaploid wheat. *Canad. Jour. Genet. and Cytol.* 1963; 5:83-88.
53. Kostoff D. The problem of haploidy. (Cytogenetic studies in Nicotina haploids and their bearing on some other cytogenetic problems. *Bib. Genet.* 1942; 13:1-148.
54. Ashok Kumar HG, Murthy HN, Paek KY. Embryogenesis and plant regeneration from anther cultures of *Cucumis sativus* L. *Sci Hort.* 2003; 98(3):213–222.
55. Ashok Kumar HG, Murthy HN. Effect of sugars and amino acids on androgenesis of *Cucumis sativus*. *Plant Cell Tiss Org Cult.* 2004; 78(3):201–208.
56. Ashok Kumar HG, Ravishankar BV, Murthy HN The Influence of Polyamines on Androgenesis of *Cucumis sativus* L. *Eur J Hort Sci.* 2004; 69(5):201–205.
57. Kuo CS. The preliminary studies on culture of unfertilized ovaries of rise in vitro. *Acta Bot. Sin.* 1982; 24, 33-38. [in Chinese with English abstract]
58. Kurtar ES, Balkaya A, Kandemir D. Evaluation of haploidization efficiency in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) through anther culture. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 2016;127(2):497–511.
59. Kurtar ES, Balkaya A. Production of in vitro haploid plants from in situ induced haploid embryos in winter squash (*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.) via irradiated pollen. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 2010;102(3): 267-277.
60. Lázarte JE, Sasser CC. Asexual embryogenesis and plantlet development in anther culture of *Cucumis sativus* L. *HortScience.* 1982;17:88.
61. Li JW, Si SW, Cheng JY, Li JX, Liu JQ. Thidiazuron and silver nitrate enhanced gynogenesis of unfertilized ovule cultures of *Cucumis sativus*. *Biol Plant.* 2013;57(1):164–168.
62. Lichter R. Induction of haploid plants from isolated pollen of *Brassica napus*. *Z Pflanzenphysiol.* 1982;105:427–434.
63. Lim W, Earle ED. Effect of in vitro and in vivo colchicine treatments on pollen production and fruit recovery on melon plants obtained after pollination with irradiated pollen. *Plant Cell Tiss Org Cult.* 2008;95(1):115–124.
64. Lindstrom E.W. A haploid mutant in the tomato. *J. Heredity.* 1929;20:23-30.
65. Lofti M, Alan AR, Henning MJ, Jahn MM, Earle ED. Production of haploid and double haploid plants of melon (*Cucumis melo* L.) for use in breeding for multiple virus resistance. *Plant Cell Rep.* 2003; 21(11):1121–1128
66. Lofti M, Salehi S. Detection of cucumber parthenogenic haploid embryos by floating the immature seeds in liquid medium. *Proceeding of IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae* 2008; 375–380.
67. Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP, Szarejko I. Doubled haploid production in crop plants: a manual. *Kluwer Academic.* 2003.
68. Matsuda K, Kikuta Y, Okazawa YA. Revision of the Medium for Somatic Embryogenesis in Carrot Suspension Culture. *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.* 1981;60:183-193.
69. Miller CO. Kinetin and Kinetin-Like Compounds. Modern Methods of Plant Analysis. Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. *Springer Berlin Heidelberg;* 1963;194–202.
70. Moqbeli E, Peyvast G, Hamidoghly Y, Olfati JA. In vitro cucumber haploid line generation in several new cultivars. *AsPac J Mol Biol Biotechnol.* 2013;21(1):18–25.
71. Morisson G. The occurrence and use of haploid plants in tomato with special reference to the variety Marglobe. *Proc. VI. Int. Cong. Genet.* 1932;2:137.
72. Mulualet M, Abate M. Heterotic Response in Major Cereals and Vegetable Crops. *International Journal of Plant Breeding and Genetics. Science Alert.* 2016;10(2):69–78.
73. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum,* 1962;15:473–497.
74. Niemirowicz-Szczytt K, Dumas de Vaulx R. Preliminary data on haploid cucumber (*Cucumis sativus* L.) induction. *Cucurbit Genetics Coop.* 1989;12:24-25.
75. Niemirowicz-Szczytt K, Faris NM., Nikolova V, Rakoczy-Trojanowska M, Malepszy S. Optimization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploid production and doubling. *Cucurbitaceae.* 1995;94:169-171.
76. Ozsan T., Gozen V. and Onus A. Cucumber Gynogenesis: Effects of 8 Different Media on Embryo and Plant Formation. *International Journal of Agriculture Innovations and Research.* 2017;6(2):419-422.
77. Przyborowski JA and Niemirowicz-Szczytt K. Main factors affecting cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploid embryo development and haploid plant characteristics. *Plant Breeding.* 1994;112:70-75.
78. Przyborowski JA. Haploidy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). In: In vitro haploid production in higher plants. *Kluwer Academic Publishers.* 1996.
79. Rakha M, Metwally E, Moustafa S, Etman A, Dewir Y. Evaluation of regenerated strains from six *Cucurbita* interspecific hybrids obtained through anther and ovule in vitro cultures. *Aust J Crop Sci.* 2012;6(1):23–30
80. Sauton A. Haploid gynogenesis in *Cucumis sativus* induced by irradiated pollen. *Cucurbit Genetics Coop.* 1989; 12:22-23.
81. Sauton A. Effect of season and genotype on gynogenetic haploid production in muskmelon, *Cucumis melo* L. *Sci. Hort.* 1988;35(1-2):71-75.
82. Sauton A., Dumas de vaulx R. Production of haploid plants in melon (*Cucumis melo* L.) As a result of gynogenesis induced by irradiated pollen. *Agronomie.* 1987;7:141-147.
83. Savin F, Decombe le-courtour M, Hallard J. 1988. The x-ray detection of haploid embryos arisen in muskmelon (*Cucumis melo* L.) Seeds and resulting from a parthenogenetic development induced by irradiated pollen. *Cucurbit genetics coop.* 1988;11:36-42.
84. Smiech M, Sztangret-Wisniewska J, Galecka T, Korzeniewska A, Marzec L, Kolakowska G, Piskurewicz U, Niemirowicz-Szczytt K. Potential use of RAPD markers in characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploids and double-haploids. *Acta Soc Bot Pol.* 2008; 77(1):29–34.
85. Song H, Lou QF, Luo XD, Wolukau JN, Diao WP, Qian CT, Chen JF. Regeneration of doubled haploid plants by androgenesis of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Cell Tiss Org Cult.* 2007; 90(3):245–254.
86. Sorntip A, Poolsawat O, Kativat C, Tantasawat PA. Gynogenesis and doubled haploid production from unpollinated ovary culture of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Canadian Journal of Plant Science.* 2017; 98(2):353-361.
87. Suprunova T, Shmykova N. In vitro induction of haploid plants in unpollinated ovules, anther and microspore culture of *Cucumis sativus*. In: Pitrat M (ed) *Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae.* 2008;371–374.
88. Swaminathan MS, Singh MP. X-ray induced somatic haploidy in watermelon. *Current Sci.* 1958;27,2:63-64.
89. Sztangret-Wisniewska J, Galecka T, Korzeniewska A, Marzec I, Kolakowska G, Piskurewicz U. Characteristics of double-haploid cucumber (*Cucumis sativus* L.) Lines resistant to downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*). *Proc. Cucurbitaceae* 2006;515-526.
90. Tantasawat PA, Sorntip A, Poolsawat O, Chaowiset W, Pornbungkerd P. Evaluation of factors affecting embryo-like structure and callus formation in unpollinated ovary culture of cucumber (*Cucumis sativus*). *Int J Agric Biol.* 2015;17(3):613–618/
91. Touraev A, Forster BP, Jain SM, editors. *Advances in Haploid Production in Higher Plants.* Springer Netherlands; 2009; <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8854-4>
92. Truong-Andre I. In vitro haploid plants derived from pollination by irradiated pollen of cucumber. *Proceedings of eucarpia meeting on cucurbit genetics and breeding. Avignon Monfavet.* 1988;143–144/
93. Wu BJ, Chen KC. Cytological and embryological studies on haploid plant production from cultured unpollinated ovaries of *Nicotiana tabacum* L. *Acta Bot. Sin.* 1982; 24: 125-129. [in Chinese with English abstract]
94. Zhan Y, Chen JF, Malik AA. Embryoid induction and plant regeneration of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through microspore culture. *Acta Hort.* 2009;36(2):221–226/

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-15-19>
УДК 635.25:581.16:577.215

Домблидес А.С.

ФГБНУ «Федеральный научный центр
овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская обл., Одинцовский
р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
E-mail: arthurdom@inbox.ru

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Домблидес А.С.
Поиск генисточников признака стерильности у
образцов лука репчатого с использованием ДНК
маркеров. Овощи России. 2019;(5):15-19.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-15-19>

Поступила в редакцию: 22.09.2019

Принята к печати: 12.10.2019

Опубликована: 25.10.2019

Artur S. Domblides

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionaya St. 14, VNISSOK, Odintsovo region,
Moscow oblast, 143080, Russia
E-mail: arthurdom@inbox.ru

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

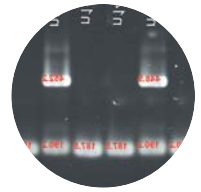
For citation: Domblides A.S. Searching for sterility
genes in bulb onion breeding accessions with the
use of DNA markers. Vegetable crops of Russia.
2019;(5):15-19 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-15-19>

Received: 22.09.2019

Accepted for publication: 12.10.2019

Accepted: 25.10.2019

Поиск генисточников признака стерильности у образцов лука репчатого с использованием ДНК маркеров



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Стерильность является важнейшим качественным признаком, который крайне необходим при получении коммерческих гибридов. Генетические факторы, отвечающие за проявление стерильности, сегодня могут быть определены с использованием ДНК маркеров, где при оценке больших популяций необходима их надежность и эффективность. Оценка существующих систем маркирования позволит определить их возможности при оценке селекционного материала.

Материал и методы. Из литературных источников были взяты наиболее используемые маркеры для определения стерильности и проанализирована их эффективность на 19 селекционных образцах лука репчатого (*Allium cepa* L.).

Результаты. Гены цитоплазмы 5'cob, orf725 and orfA501, влияющие на проявление признака стерильности были идентифицированы у ряда образцов. Аллели локуса восстановителя фертильности Ms были также обнаружены. Четыре селекционных образца имели S тип цитоплазмы, девять образцов показали T тип и шесть образцов были с нормальной цитоплазмой по причине отсутствия генов стерильности. В результате использования набора этих маркеров были выявлены все варианты сочетания аллелей цитоплазмы и ядра: один закрепитель стерильности, стерильная форма, и два восстановителя фертильности. Однако необходимо отметить, что не все маркеры были удобными для поиска генов стерильности. Так, маркеры, разработанные на основе полиморфизма хлоропластной ДНК стерильных растений не дали сходных результатов с анализом митохондриальных генов стерильности. В итоге, показана практическая возможность оценки селекционного материала на наличие генов, отвечающих за проявление признака стерильности с целью поиска линий необходимых для получения гибридов у лука репчатого.

Ключевые слова: *Allium cepa* L., цитоплазматическая мужская стерильность, селекция лука репчатого, ДНК маркеры.

Searching for sterility genes in bulb onion breeding accessions with the use of DNA markers

ABSTRACT

Relevance. Sterility is a very important trait that is indispensable for hybrid production. Genetic factor underlying in plant sterility can be now identified in large plant populations by DNA markers with high effectiveness and reliability. The evaluation of such markers enables to define their current applicability in breeding program.

Methods. The markers from different publications that had been successfully used were taken to test their effectiveness on 19 accessions of bulb onion (*Allium cepa* L.).

Results. Mitochondrial genes 5'cob, orf725 and orfA501 and alleles of fertility restoring locus Ms were also identified. Four breeding accessions had S-cytoplasm, nine accessions were with T-cytoplasm and six shared normal cytoplasm not showing any sterility gene in the analysis. As a result of marker testing, the all compositions of the genes in cytoplasm and Ms alleles in nucleus affecting the sterility had been revealed, such as one sterility maintainer, one male sterile accession, and two fertility restorers. However, it should be noted that not all markers tested were in accordance with each other, where the markers originated from chloroplast DNA of did not confirmed the results obtained with those cytoplasm-origins. As it was shown the practical use of the set of markers makes it possible to reveal necessary accessions with required gene composition for hybrid production in bulb onion.

Keywords: *Allium cepa* L., cytoplasmic male sterility, bulb onion breeding, DNA markers.

Введение

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС), заключающаяся в неспособности производить зрелые пыльцевые зерна в силу нарушений в функциях митохондриального генома, уже известна у более 140 видов растений [1]. Мужская стерильность у лука была впервые обнаружена в 1925 году у сорта Italian Red. Jones и Mann в 1963 году [2] определили, что стерильность лука определяется взаимодействиями между цитоплазмой и ядром, где в ядре присутствует ген восстановитель, имеющий две аллели Ms и ms, тогда как в цитоплазме находятся факторы N (норма) или S (стерильность) [3, 4]. Данный тип цитоплазмы рассматривался как ЦМС-S типа. У лука была также обнаружена еще цитоплазма Т типа во французском сорте Jaune paille de Vertus в [5]. Генетический анализ этого типа цитоплазмы показал, что мужская стерильность проявляется при доминантной аллели локуса А или доминантными аллелями локусов В и С, функционирующими комплементарно. Два типа мужской стерильности сегодня используют для получения гибридов F₁, хотя стерильность S типа используют шире, потому что цитоплазма Т типа найдена только в японских и голландских сортах [6]. В итоге, с помощью молекулярных исследований были выявлены две группы типов цитоплазмы: S и М [7]. М группа также включает в себя две группы N и Т. Внутри этих групп наблюдали большую изменчивость, что затрудняло разработку ДНК маркеров для их идентификации. В дальнейшем с использованием метода рестрикционного анализа было показано, что S тип цитоплазмы может отличаться в значительной мере среди популяций лука по всему миру [8]. S тип цитоплазмы настолько отличается от других типов, что вызвало предположение о том, что именно этот тип цитоплазмы образовался в результате межвидового скрещивания, тогда как цитоплазма Т типа образовывалась в результате мутации N цитоплазмы [9]. Однако в группе S типов цитоплазмы изменчивость оказалась незначительной, что дало возможность разработать ДНК маркеры на ПЦР основе, позволяющие отличить S цитоплазму от других типов цитоплазмы [10].

Процесс микроспорогенеза при обеих цитоплазмах протекает по-разному, в цитоплазме S типа мейоз проходит нормально, в типе Т имеются нарушения. При развитии цитоплазмы S типа наблюдается рост незрелой ткани тапетума на стадии тетрад, гипертрофия тапетума на стадии диад, и затем полная задержка развития тапетума [11]. Определение типа цитоплазмы гибридологическим анализом может занять 4-8 лет при тестировании расщепляющихся популяций. ДНК маркеры могут ускорить время идентификации растений, и уже ряд соответствующих молекулярных систем разработан для определения S типа на основе изменчивости митохондриальной [12] и хлоропластной ДНК [10]. В результате были получены ДНК маркеры для определения N, Т и S типов цитоплазмы с использованием последовательности *orfA501*, специфичной для ЦМС лука шнитта [13]. Дополнительное изучение локуса *orfA501* выявило генетическую химерную структуру, включающую ген *sox1* (цитохром с оксидаза субъединица 1) и саму последовательность *orfA501*, которая была определена как химерная последовательность *orf725*. Было показано, что эта последовательность амплифицируется у типов Т и S в отличие от растений с N цитоплазмой [14].

Для поиска локуса Ms в ядерной ДНК, восстанавливающего фертильность, также были разработаны системы маркеров. Локус AOB272, разработанный на основе (RFLP) маркеров, располагался 0.9 cM от Ms локуса на хромосоме 2 [15], другой локус AGF136 занимал противоположное положение [16]. Маркеры OPT и PsAO были разработаны отдельно от вышеупомянутых и также располагались противоположно друг другу на расстоянии 1.5 cM и 6.4 cM от Ms локуса, соответственно [17]. Маркер ACms.1100, выявленный вначале с использованием RAPD анализа, где затем был создан CAPS маркер, располагающийся ближе к Ms локусу, чем OPT маркер [18]. Два других CAPS маркера jnurf05 и jnurf17 были найдены также на основе резуль-

татов RAPD анализа и занимали тесную позицию с Ms локусом на дистанции 0.05 cM [19]. Указанные маркеры показали высокую эффективность в идентификации аллелей локуса Ms в расщепляющихся популяциях, однако нет упоминаний об использовании этих маркеров на большом разнообразии селекционного материала [17, 18, 15, 13]. С помощью cDNA-SRAP анализа был получен маркер WHR240, который позволял идентифицировать ядерные гены восстановители фертильности [20]. Уже с помощью AFLP метода были разработаны еще SCAR маркеры (DNF-566 и RNS-357), соответственно сцепленные с доминантной Ms и рецессивной ms аллелями [21]. Позднее, также на основе этих последовательностей был получен маркер jnurf13, выявляющий замены и вставки в изучаемой последовательности стерильных генотипов [22]. Однако в некоторых случаях были ограничения по широкому использованию разработанных маркеров на разнообразных популяциях лука. На основе нуклеотидной последовательности F1752 [21] были получены маркеры AcSKP1 для мультиплексной ПЦР, где в одной реакции можно было различить аллельное состояние Ms гена [23]. Работа по определению типа цитоплазматической мужской стерильности с помощью молекулярных маркеров была уже проведена на ряде образцов селекции ВНИИССОК (ФГБНУ ФНЦО), но в проведенных исследованиях не было оценено аллельное состояние ядерных генов [24]. Все типы цитоплазмы и аллели локуса восстановителя фертильности были также выявлены сортах белорусской селекции, но были рассмотрены не все возможные для использования комбинации маркеров [25]. В нашей работе мы, продолжая изучение стерильности, использовали дополнительные маркеры для гена цитоплазмы *orf725* и для ядерных генов с целью более полной оценки исходного селекционного материала лука репчатого.

Материалы и методы

Для исследования были взяты 19 селекционных образцов лука репчатого (*Allium cepa* L.) лаборатории генетики и цитологии с целью выявления генетических факторов стерильности цитоплазмы и аллелей восстановления фертильности.

Выделение ДНК.

Выделение ДНК проводили из молодых листьев с использованием набора реагентов Сорб-ГМО-Б (Синтол, Россия). ДНК выделяли из индивидуальных растений, от трех до пяти согласно протоколу производителя. Конечную чистоту и концентрацию тотальной ДНК определяли на спектрофотометре Smart Spec Plus (BioRad, USA).

Амплификация ДНК.

Исследование осуществляли с использованием метода стандартной ПЦР с отобранными из литературных источников праймерами для амплификации генов стерильности и восстановления фертильности (табл. 1). Все праймеры были синтезированы компанией Синтол (Россия).

ПЦР проводили в объеме 25 µl, включая 1 x ПЦР буфер, 2,5 mM MgCl₂, 0,25 mM каждого dNTP, 0,3 µM каждого праймера, 1,5 единиц SynTaq ДНК-полимеразы (Синтол, Россия) и 3 µl ДНК. Первоначально ПЦР выполняли при условиях, описанных в литературных источниках, в амплификаторе BioRad C1000 Touch (BioRad, США). В некоторых случаях подбирали более подходящую температуру отжига праймеров для получения более четких фрагментов ДНК.

Продукты амплификации разделяли в 1.7% агарозном геле в 1 x TBE-буфере. Полученные гели окрашивали раствором бромистого этидия и документировали с помощью системы гель-документации ChemiDoc XRS+ (BioRad, США) с последующей обработкой изображений в программе ImageLab (BioRad, США). Размеры амплифицированных фрагментов определяли в сравнении с маркером молекулярных масс GeneRuler100 bp Plus DNA Ladder (ThermoFisher Scientific).

Таблица 1. Гены и маркеры стерильности, использованные в исследовании
Table 1. Genes and markers of sterility used in the study

Маркеры генов стерильности	Цитоплазма		Ядро		
	Стерильная	Нормальная	Гомозигота MsMs	Гетерозигота Msms	Гомозигота msms
<i>orf725</i>	628 п.н.	833 п.н.	-	-	-
<i>5' cob</i>	414 п.н.	180 п.н.	-	-	-
<i>orfA501</i>	473 п.н.	-	-	-	-
<i>AcSKP1</i>	-	-	898 п.н.	898 п.н. и 628 п.н.	628 п.н.
<i>DNF-566, RNS-357</i>	-	-	566 п.н.	566 п.н. и 357 п.н.	357 п.н.

Таблица 2. Результаты исследований, полученные при использовании пяти маркеров для определения стерильности у лука репчатого.
Table 2. Results obtained with the use of five markers for determination of sterility in bulb onion

Образец	<i>orf725</i>	<i>5'cob</i>	<i>orfA501</i>	Цитоплазма	<i>AcSKP1</i>	<i>DNF-566, RNS-357</i>
	Показания маркеров цитоплазмы				Показания маркеров ядра	
№1 образец_5 msx3f	F	F	S	Цит. Т-тип	MsMs	MsMs
№2 образец_3f	F	F	F	Фертильная	Msms	Msms
№3 образец_7 msx16f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№4 образец_16f	S	S	S	Цит. S-тип	MsMs восстановитель	MsMs
№5 образец_10msx30f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№6 образец_30f	F	F	F	Фертильная	Msms	Msms
№7 образец_19 msx24f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№8 образец_24 f	F	F	F	Фертильная	Msms	Msms
№9 образец_33 ms x26f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№10 образец_26f	F	F	F	Фертильная	Msms	Msms
№11 образец_34msx31f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№12 образец_31f	F	F	F	Фертильная	Msms	Msms
№13 образец_39стер x 8f	S	S	S	Цит. S-тип	ms ms стерильная	msms
№14 образец_8f	F	F	F	Фертильная	ms ms закрепитель	msms
№15 образец_51 msx11f	F	F	S	Цит. Т-тип	MsMs	MsMs
№16 образец_11f	S	S	S	Цит. S-тип	MsMs восстановитель	MsMs
№17 образец_65msx52f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms
№18 образец_52f	S	S	S	Цит. S-тип	Msms	Msms
№19 образец_115ms x139f	F	F	S	Цит. Т-тип	Msms	Msms

Результаты и обсуждения

Проявление стерильности и фертильности растения зависит от сочетания факторов фертильности и стерильности цитоплазмы и ядерных аллелей *Ms* и *ms*. Так, ген в доминантном состоянии *Ms* восстанавливает фертильность растения, даже если в цитоплазме присутствует фактор стерильности. Два маркера, разработанные на последовательности генов *5'cob* и *orfA501*, позволили разделить растения с Т типом и S типом цитоплазмы на наших образцах, где размер ПЦР продукта полностью соответствовал полученным с использованием этих маркеров предыдущих результатов. Маркеры для гена *sox1*, где один прямой праймер и два обратных праймера для химерного гена *orf725*, вызывающего стерильность и последовательности нормального *sox1* гена, показали при амплификации полное соответствие с другими использованными маркерами. Данные маркеры позволили определить типы цитоплазмы у образцов лука. Продукты амплификации, полученные в результате анализа, полностью совпадали с ранее опубликованными в литературных источниках (Табл. 1). Так, у 9 образцов наблюдали цитоплазму Т типа, при которой амплифицировался только локус *orfA501*, у четырех образцов цитоплазму S типа, где наблюдали совместную амплификацию продуктов последовательности *orf725*, *5'cob* и *orfA501* генов (Рисунок 1 А, Б, В), и у шести образцов N цитоплазмы, в которой не было обнаружено митохондриальных генов стерильности. Недавними исследованиями по расшифровке последовательностей митохондриальной ДНК показано, что химерный ген *orf725* является отличительной особенностью стерильной цитоплазмы, где последовательности, отвечающие за цитоплазму S

типа, оказались генетически очень изменчивыми, в то время как цитоплазма Т типа была генетически очень сходна с нормальной [26].

Для определения ядерных генов – восстановителей фертильности наиболее удобной системой оказался маркер *AcSKP1* по сравнению с другими (данные не представлены), где в ходе мультиплексной ПЦР (определение двух последовательностей в одной реакции) были выявлены рецессивные и доминантные аллели гена *Ms* (Рисунок 2А). Еще один маркер также успешно выявлял аллели локуса восстановителя фертильности (*Ms*), где фрагмент размером 566 п.н. был связан с *Ms* аллелью, а фрагмент размером 357 п.н. амплифицировался при наличии *ms* аллели (Рисунок 2Б). Растения под номерами 4 (16f), 16 (11f), 18 (52f) имели фертильную пыльцу, а ДНК маркеры подтверждали в них наличие генов стерильности цитоплазмы, но в ядре, как показал ДНК анализ, у них присутствовал как минимум один аллель восстановителя фертильности в доминантном состоянии, который восстанавливал фертильность растений. Все растения с предполагаемой цитоплазмой Т типа, также имели доминантную аллель *Ms* в ядре, что вело к нормальному развитию пыльцы при наличии фактора стерильности в цитоплазме. Таким образом, были выявлены: один образец закрепитель стерильности с нормальной цитоплазмой и генами ядра в рецессивном состоянии (N-цит, *msms*); один стерильный образец (S-цит, *msms*); и два образца восстановителя фертильности (S-цит, *MsMs*) (Таблица 2). Эти селекционные образцы могут быть рекомендованы для дальнейшей селекции при получении гибридных форм. В исследованиях по изучению нуклеотидной последовательностей хлоропластного генома стерильных и фертильных растений лука репчатого были най-

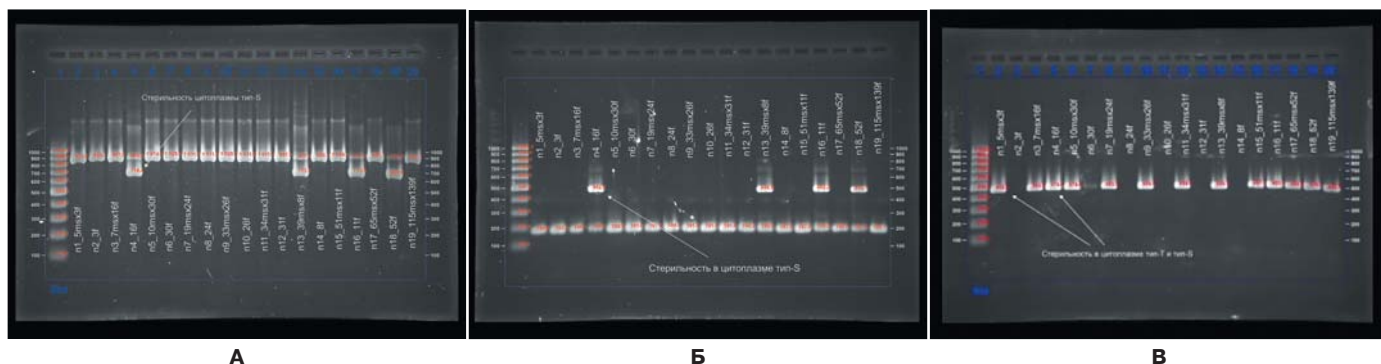


Рис. 1. Электрофореграммы продуктов амплификации митохондриальных генов, отвечающих за проявление стерильности у лука репчатого: А-*orf725* [14], Б – *5'cob* [12], В – *orfA501* [13]
Fig. 1. Electrophoregrams of PCR fragments of amplification of mitochondrial genes, responsible for sterility in onion А-*orf725* [14], Б – *5'cob* [12], В – *orfA501* [13]

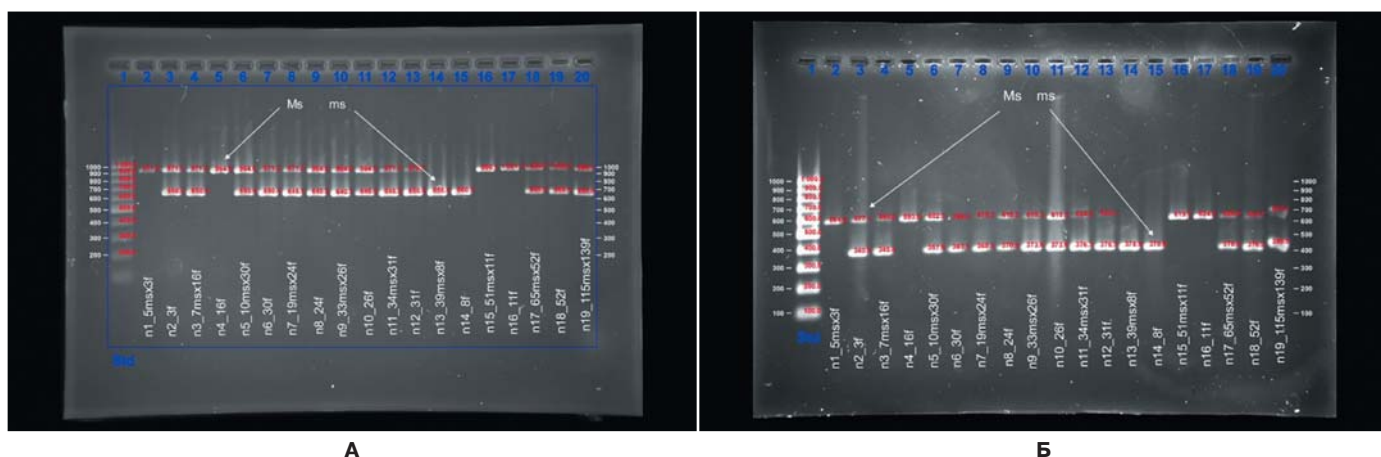


Рис. 2. Электрофореграммы продуктов мультиплексной амплификации ядерных генов, восстановителей фертильности у образцов лука: А- маркер *AcSKP1* [23]; Б – маркеры *DNF-566* и *RNS-357* [21]
Fig. 2. Electrophoregrams of multiplex PCR of nuclear gene restoring fertility in onion А- marker *AcSKP1* [23]; Б – marker *DNF-566* and *RNS-357* [21]

дены различия, которые легли в основу создания дополнительных ДНК маркеров [27]. Так, маркер *accD* хлоропластной ДНК, позволяющий идентифицировать цитоплазму S и T типов, как было уже показано ранее [28], в наших исследованиях выявил различия между стерильными и фертильными образцами, которые не совпадали с результатами, полученными с уже протестированными маркерами для цитоплазмы этих же образцов.

В результате проведенных исследований удалось выявить необходимые для получения гибридов селекционные образцы на основе данных молекулярного анализа с использованием относительно небольшого набора ДНК маркеров митохондриальных и ядерных генов, отвечающих за проявление признака стерильности у лука репчатого.

Об авторе:

Домблидес А.С. – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией генетики и цитологии
<https://orcid.org/0000-0002-5617-9498>

About the author:

Artur S. Domblides – Ph.D. in Agriculture, Head of Laboratory of Genetics and Cytology
<https://orcid.org/0000-0002-5617-9498>

• Литература / References

- Hanson M.R. Phylogenetic relationship among cultivated *Allium* species from restriction enzyme analysis of the chloroplast genome. *Theor. Appl. Genet.* 1991;81:752-757. DOI: 10.1007/BF00224985
- Jones, H.A., and Mann, L.K. *Onion and their Allies*. Leonard Hill Ltd, 1963, London, pp 286.
- Jones H.A., Clarke A.E. Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 1943;43:189-194.
- Kaul, M.L.Y. Male sterility in higher plants, *Monogr in Theor. Appl. Genet*, 1988, Vol. 9, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1005. DOI: 10.1007/978-3-642-83139-3
- Berninger E. Contribution a l'etude de la sterilité de male de l'oignon (*Allium cepa* L.). *Ann. Amélior. Plant (Paris)* - 1965. – V.23. – P. 183-199.
- Havey M. J. Diversity among male-sterility inducing and male-fertile cytoplasms of onion. *Theor. Appl. Genet.* 2000;101:778-782. DOI: 10.1007/s001220051543
- De Courcel A.G.L., Vedel F., Boussac J. M. DNA polymorphism in *Allium cepa* cytoplasms and its implications concerning the origin of onions. *Theor. Appl. Genet.* 1989;77:793-798. DOI: 10.1007/BF00268328
- Havey M.J. A putative donor of S-cytoplasm and its distribution among open-pollinated population of onion. *Theor. Appl. Genet.* 1993;86:128-134. DOI: 10.1007/BF00223817
- Holford P., Croft J.H., Newbury H.J. Differences between, and possible origins of the cytoplasms found in fertile and male-sterile onions (*Allium cepa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 1991a;82:737-744. DOI: 10.1007/BF00227319
- Havey M.J. Identification of cytoplasms using the polymerase chain reaction to aid in the extraction of maintainer lines from open-pollinated populations of onion. *Theor. Appl. Genet.* 1995;90:263-268. DOI: 10.1007/BF00222212
- Holford P., Croft J.H., Newbury, H.J. Structural studies of microspogenesis in fertile and male sterile onions (*Allium cepa* L.) containing the CMS-S cytoplasm. *Theor. Appl. Genet.* 1996b;82:745-755. DOI: 10.1007/BF00227320
- Sato Y. PCR amplification of CMS-specific mitochondrial nucleotide sequences to identify cytoplasmic genotypes of onion (*Allium cepa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 1998;96:367-370. DOI: 10.1007/s00122-003-1230-3
- Engelke T, Terefe D, Tatlioglu T. A PCR-based marker system monitoring CMS-(S), CMS-(T) and (N)-cytoplasm in the onion (*Allium cepa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2003;107:162-167. DOI: 10.1007/s00122-003-1230-3
- Kim S., Lee E., Cho D. Y., Han T., Bang H., Patil B. S., Ahn Y. K., and Yoon M. Identification of a novel chimeric gene, *orf725*, and its use in development of a molecular marker for distinguishing three cytoplasm types in onion (*Allium cepa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2009;118:433-441. DOI: 10.1007/s00122-008-0909-x
- Gökçe A.F., Havey M.J. Linkage equilibrium among tightly linked RFLPs and the Ms locus in open-pollinated onion populations. *J.Am.Soc.Hortic.Sci.* 2002;127:944-946. DOI: 10.21273/JASHS.127.6.944
- Martin W.J., McCallum J., Shigyo M., Jakse J., Kuhl J.C., Yamane N., Pither-Joyce M., Gökçe A.F., Sink K.C., Town C.D., Havey M.J. Genetic mapping of expressed sequences in onion and in silico comparisons with rice show scant colinearity. *Mol. Genet. Genomics.* 2005;274:197-204. DOI: 10.1007/s00438-005-0007
- Bang H., Cho D.Y., Yoo K.S., Yoon M.K., Patil B.S., Kim S. Development of simple PCR-based markers linked to the Ms locus, a restorer-of-fertility gene in onion (*Allium*

- cepa* L.). *Euphytica* 2011a;179:439-449. DOI: 10.1007/s10681-010-0342-5
- Bang H., Kim S., Park S.O., Yoo K.S., Patil B.S. Development of a codominant CAPS marker linked to the Ms locus controlling fertility restoration in onion (*Allium cepa* L.). *Sci.Hortic.* 2013;153:42-49. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.01.020
- Park J., Bang H., Cho D., Yoon M.-K., Patil B., Kim S. Construction of high-resolution linkage map of the Ms locus, a restorer-of-fertility gene in onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 2013;192:267-278. DOI: 10.1007/s10681-012-0851-5
- Huo Y.M., Miao J., Liu B.J., Yang Y.Y., Zhang Y.H., Wu X. The expression of pectin methylesterase in onion flower buds is associated with the dominant male-fertility restoration allele. *Plant. Breed.* 2012;131:211-216. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2011.01907.x
- Yang Y.Y., Huo Y.M., Miao J., Liu B.J., Kong S.P., Gao L.M., Liu C., Wang Z.B., Tahara Y., Kitano H., Wu X. Identification of two SCAR markers co-segregated with the dominant Ms and recessive ms alleles in onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 2013;190:267-277. DOI: 10.1007/s10681-012-0842-6.
- Kim S. A codominant molecular marker in linkage disequilibrium with a restorer-of-fertility gene (Ms) and its application in reevaluation of inheritance of fertility restoration in onions. *Mol. Breed.* 2014;34:769-778. DOI: 10.1007/s11032-014-0073-8
- Huo, Y.M., Liu, B.J., Yang, Y.Y., Miao J., Gao L.M., Kong S.P., Wang Z.B., Kitano H., Wu X. AcSKP1, a multiplex PCR-based co-dominant marker in complete linkage disequilibrium with the male-fertility restoration (Ms) locus, and its application in open-pollinated populations of onion. *Euphytica*. 2015;204:711. DOI: 10.1007/s10681-015-1374-7
- Супрунова Т.П., Логунов А.Н., Логунова В.В., Агафонов А.Ф. Определения типа цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (*Allium cepa* L.) селекции ВНИИССОК с помощью молекулярных маркеров. *Овощи России*. 2011;(4):20-21. [Suprunova T.P., Logunov A.N., Logunova V.V., Agafonov A.F. Determination of cytoplasmic male sterile factors in onion plants (*Allium cepa* L.) of VNISSOK's breeding. *Vegetable crops of Russia*, 2011;(4):20-21. (In Russ.)]
- Павлова И.В., Купреенко Н.П., Булахова А.С. Использование ДНК маркеров для изучения цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (*Allium cepa* L.). *Овощи России*. 2018;(4):16-19. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-16-19. [Pavlova I.V., Kupreenko N.P., Bulahova A.S. DNA markers in onion (*Allium cepa* L.) cytoplasmic male sterility study. *Vegetable crops of Russia*. 2018;(4):16-19. (In Russ.) DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-16-19]
- Kim, B., Yang, T.J. & Kim, S. Identification of a gene responsible for cytoplasmic male-sterility in onions (*Allium cepa* L.) using comparative analysis of mitochondrial genome sequences of two recently diverged cytoplasms. *Theor. Appl. Genet.* 2019;132:313. DOI: 10.1007/s00122-018-3218-z
- Von Kohn C., Kielkowska A., Havey M.J. Sequencing and annotation of the chloroplast DNAs and identification of polymorphisms distinguishing normal male-fertile and male-sterile cytoplasms of onion. *Genome*. 2013;56:737-742. DOI: 10.1139/gen-2013-0182
- Khar A., Saini N. Limitations of PCR-based molecular markers to identify male-sterile and maintainer plants from Indian onion (*Allium cepa* L.) populations. *Plant. Breed.* 2016;135(4):519-524. DOI: 10.1111/pbr.12373

Оригинальная статья / Original article

УДК 635.611:631.526:631.524.86
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-24

Варивода О.П.,
Масленникова Е.С.

Быковская бахчевая селекционная
опытная станция –
филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
"Федеральный научный центр овощеводства"
404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский
район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11
E-mail: BBSOS34@yandex.ru
BBSOS.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Варивода О.П.,
Масленникова Е.С. Оценка и подбор
исходного материала для создания гибридов дыни с ком-
плексной устойчивостью к антракнозу и мучни-
стой росе. Овощи России. 2019;(5):20-24.
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-24

Поступила в редакцию: 27.05.2019

Принята к печати: 20.09.2019

Опубликована: 25.10.2019

Olga P. Varivoda,
Ekaterina S. Maslennikova

Bykovskaya cucurbits breeding experimental station –
Branch of the Federal State Budgetary Scientific
Institution "Federal Scientific Vegetable Center"
11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district,
Volgograd region, Russia, 404067

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

For citation: Varivoda O.P., Maslennikova E.S.
Assessment and selection of source material for
creating melon hybrids with integrated resistance
to anthracnose and powdery mildew. Vegetable
crops of Russia. 2019;(5):20-24 (In Russ.)
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-20-24

Received: 27.05.2019

Accepted for publication: 20.09.2019

Accepted: 25.10.2019

Оценка и подбор исходного материала для создания гибридов дыни с комплексной устойчивостью к антракнозу и мучнистой росе



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Дыня, как бахчевая культура, возделывается во многих странах мира и высоко ценится за свои питательные и диетические качества. Однако подверженность грибным заболеваниям резко снижает урожайность и вкусовые качества дыни. Дыня поражается в основном мучнистой росой и антракнозом. В условиях Быковской бахчевой селекционной опытной станции преобладающим видом мучнистой росы является *Sphaerotheca fuliginea*. Оценка и подбор исходного материала с выявлением образцов с комплексной устойчивостью к этим заболеваниям является актуальным направлением в селекционном процессе, позволяющим решать проблему повышения эффективности производства и качества продукции.

Методика. Цель настоящей работы – получение сортов и гибридов дыни, обладающих комплексной устойчивостью к мучнистой росе и антракнозу. Комплексную устойчивость определяли при искусственном заражении растений дыни в фазе 2-3 настоящих листочков по общепринятым методикам, разработанным в ВИР, ВНИИОБ.

Результаты. На комплексную устойчивость при искусственном заражении антракнозом и мучнистой росой изучено 8 сортов и 10 гибридов F₁ дыни. Стандартный сорт дыни Осень поражен мучнистой росой на 81,2% при балле поражения 1,8, а антракнозом – на 93,8% при балле 2,3. Полученные гибриды превосходили по устойчивости стандарт. Гибрид Эфиопка х Колхозница поражен мучнистой росой на 44% при балле 1,4. Пораженность мучнистой росой гибрида Оригинальная х Осень составила 54,4% при балле 1,4, антракнозом – 75% при балле 1,8 (среднее за три года). Гибрид отработан по хозяйственно ценным признакам, имеет стабильную урожайность – 17,5 т/га, содержание сухого вещества в соке плода – до 17,2%. Полученные с комплексной устойчивостью образцы и перспективные гибриды будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: дыня, устойчивость, болезнь, сорт, гибрид, качество, урожайность.

Assessment and selection of source material for creating melon hybrids with integrated resistance to anthracnose and powdery mildew

ABSTRACT

Relevance. Melon as melon culture is cultivated in many countries of the world and is highly valued for its nutritional and dietary qualities. However, exposure to fungal diseases dramatically reduces the yield and taste of melons. Melon is affected mainly by powdery mildew and Anthracnose. In the conditions of the Bykovskaya melon breeding experimental station, the predominant type of powdery mildew is *Sphaerotheca fuliginea*. Evaluation and selection of the starting material with the identification of samples with complex resistance to these diseases is an important direction in the selection process, allowing to solve the problem of improving production efficiency and product quality.

Methods. The aim of this work is to obtain melon varieties and hybrids with complex resistance to powdery mildew and Anthracnose. Complex stability was determined by artificial infection of melon plants in the phase of 2-3 real leaves by conventional methods.

Results. 8 varieties and 10 F₁ hybrids of melon were studied for complex resistance to artificial Anthracnose and powdery mildew infection. Standard grade melon autumn was amazed powdery mildew of 81.2% with score lesion of 1.8 by Anthracnose, respectively, 93.8 per cent if the score is 2.3. The resulting hybrids were superior in stability to the standard. Hybrid x Ethiopian Farmer was amazed powdery mildew on 44% with score of 1.4. The prevalence of hybrid Original x Autumn was 54.4% powdery mildew with a score of 1.4, Anthracnose – 75% with a score of 1.8 (average for three years). The hybrid is fulfilled on economically valuable signs, has stable productivity of 17.5 t/ha, the content of dry substances in fruit juice to 17.2%. The samples and promising hybrids obtained with complex stability will be used in further breeding work.

Keywords: melon, resistance, disease, variety, hybrid, quality, yield.

Введение

Дыня – одна из древнейших бахчевых культур (Библия. Числ. XI,5), широко распространенных во многих странах мира. Высоко ценится за свои питательные, диетические и лечебные свойства. В плодах дыни содержание сахаров превышает 15%, характерный витаминно-минеральный комплекс включает витамины А, С, РР, В₁₂, магний, фосфор, кальций, медь, железо, кобальт, фолиевую кислоту. Сок дыни благотворно влияет при депрессии, успокаивает нервную систему [1]. Несмотря на свои уникальные свойства растения дыни подвержены часто грибным заболеваниям. В годы эпифитотий гибель растений и плодов достигает 40%. Использование ядохимикатов для борьбы с заболеваниями загрязняет окружающую среду, а остаточное их количество в плодах не безопасно для человека.

Рациональным и экономически выгодным приемом для борьбы с болезнями является селекция новых сортов и гибридов дыни, обладающих комплексной устойчивостью к мучнистой росе и антракнозу [2]. Н.И. Вавилов считал, что групповая устойчивость широко распространена в природе и играет важную роль в практической селекции. «Устойчивость к одному виду гриба может сопровождаться сильною восприимчивостью к другим. Это обстоятельство ставит перед селекционером определённые условия при селекции на устойчивость – строгий учёт индивидуальности вредителя» [3, 4]. Я.Е. ван дер Планк отмечал, что при наличии вреда сразу от нескольких болезней, недостаточно выводить сорта, устойчивые к одной из них, потому что при вспышке какого-то другого заболевания успех селекционера может быть сведён на нет [5]. Явление групповой устойчивости сопутствует наследованию устойчивости к двум или большему числу видов возбудителей болезней.

При скрещивании устойчивых и восприимчивых родителей устойчивость к мучнистой росе (ген Rm) и антракнозу в большинстве случаев доминирует, среди полученных гибридных растений преобладают устойчивые [6]. В современных селекционных программах стало преобладающим создание сортов и гибридов с комплексной устойчивостью к болезням [7, 8, 9].

Наиболее вредоносными для производственных посевов дыни являются антракноз и мучнистая роса. Антракноз дыни вызывает гриб *Colletotrichum lagenarium* (класс несовершенные, порядок меланкониевые). В ранней стадии болезнь проявляется маленькими круглыми темно-зелёными пятнами со вздутиями по краям. По мере разрастания пятен их середина становится бурой, вдавленной, появляются розовые образования и растрескивание. Открывается доступ другим микроорганизмам. Гриб распространяется конидиями. Развитию антракноза способствуют высокая влажность воздуха (до 90%) и высокая температура (22...27°C). Инкубационный период в этих условиях составляет 3-4 дня. При снижении влажности воздуха интенсивность развития болезни уменьшается. Инфекция сохраняется в виде склеротий и псевдопикнид на растительных остатках, на семенах больных растений.

Возбудителем мучнистой росы являются два вида сумчатых грибов – *Erysiphe cichoracearum* DC и *Sphaerotheca fuliginea* Poll, относящихся к аскомицетам. Преобладающим заболеванием в наших условиях является настоящая мучнистая роса. Гриб развивает обильную поверхностную грибницу и образует две стадии – конидиальную и сумчатую. Болезнь проявляется в виде белого налета, преимущественно с верхней стороны листа. Листья буреют, заворачиваются краями вверх,

становятся хрупкими и засыхают. Плоды поражаются редко, но вследствие истощения растений они мельчают, урожайность резко падает, вкусовые качества ухудшаются. В вегетационный период заражение растений происходит с помощью конидий. К концу вегетации возникает клейстотеция. Зимует грибок на растительных остатках.

Растения дыни поражаются антракнозом и мучнистой росой во все фазы развития. Степень поражения в естественных условиях во многом зависит от эпифитотий, агроэкологической типичности селекционного поля, сочетания устойчивости к действию абиотических и биотических стрессов и других факторов. Поэтому оценка устойчивости и отбор при естественном поражении не всегда достоверны. Возникает необходимость проведения искусственного заражения. Эффективным является определение устойчивости на ранних стадиях развития растений, что позволяет иметь необходимую информацию до высева селекционных образцов на участок.

Материалы и методы исследования

Для оценки комплексной устойчивости дыни к антракнозу и мучнистой росе изучали сорта и перспективные гибриды F₁ Быковской селекционной опытной станции. В качестве стандарта использовали сорт дыни Осень. В каждом образце изучали по 30 растений. Общая площадь под опытом составляла 1,2 га. Антракнозом у дыни поражаются в основном плоды. На растениях дыни, проявивших устойчивость к мучнистой росе, заражались антракнозом образовавшиеся плоды.

Оценку проводили при искусственном заражении растений дыни в фазе 2-3 настоящих листочков. Источниками инфекции были пораженные растения (кора дыни, листья). Споры гриба смывали дистиллированной водой, раствор фильтровали. Концентрация суспензии составляла 100 тыс. конидий в 1 мл раствора. Растения опрыскивали суспензией гриба и накрывали пленкой для поддержания высокой влажности и температуры. Болезнь начинала проявляться на 3-4 сутки. Пленку снимали и проводили на 9-10 сутки учет пораженных растений. Степень поражения растений оценивали по 5-балльной шкале, выводили процент и средний балл поражения по существующим методикам [10,11,12].

Результаты и обсуждения

Эффективность использования селекционного процесса зависит не только от создания сортов и гибридов с хорошими вкусовыми качествами, но и от устойчивости их к заболеваниям. Выявление и использование устойчивых форм в скрещивании – одно из перспективных направлений в селекции [13, 14]. В работе использовали относительно устойчивые сорта и гибриды дыни селекции Быковской селекционной станции. Характеристика исходных форм приведена в таблице. Стандартом был взят сорт Осень, поражение которого мучнистой росой составляло 81,2% при балле 1,8. Значительно превышали стандарт по устойчивости сорта Дюна и Зимовка. Пораженность мучнистой росой сорта Дюна составила 57,1% при балле 0,9, антракнозом – 65,9% при балле 1,2. Гибрид F₁ Дюна x Зимовка поражен мучнистой росой на 2,3 балла при 90%, антракнозом поразились все растения при балле 2,2. Ниже стандарта оказался по устойчивости гибрид F₁ Дюна x Славия, с очень высокими вкусовыми качествами, с содержанием сухого вещества в соке плодов до 17,7%. Селекционная работа по устойчивости с этим гибридом будет продолжена.

Таблица 1. Характеристика сортов и гибридов дыни, использованных в исследовании (среднее за 2016-2018 годы)
Table 1. Characteristics of melon varieties and hybrids used in the study (2016-2018)

Название образца	Вегетационный период, сутки	Урожайность		Содержание сухого вещества в соке плода, min — max	Содержание нитратов, мг/кг
		т/га	отклонение от стандарта, т/га		
Осень – стандарт	81	14,6	0	13,6-16,3	55,4
Оригинальная	84	15,0	+0,4	12,0-16,2	56,7
F ₁ Осень х Грузия	70	11,0	-3,6	15,0-5,5	51,2
F ₁ Оригинальная х Осень	84	17,5	+2,9	13,0-17,2	50,0
Дюна	65	17,0	+2,4	12,0-13,0	40,8
Зимовка	111	18,6	+4,0	11,0-12,0	44,0
F ₁ Дюна х Зимовка	80	13,6	-1,0	12,0-15,4	42,6
F ₁ Дюна х Славия	88	17,0	+2,4	14,7-17,7	36,6
Идиллия	79	16,0	+1,4	14,0-14,2	40,1
Мечта	72	14,8	+0,2	14,0-16,0	42,4
F ₁ Мечта х Идиллия	89	15,0	+0,4	12,0-15,2	40,0
F ₁ Кувшинка х Мечта	75	18,2	+3,6	13,7-18,3	42,0
Комета	67	13,5	-1,1	13,3-16,5	36,6
Гармония	79	13,3	-1,3	11,0-14,0	36,6
F ₁ Комета х Гармония	82	14,3	-0,3	13,0-16,5	36,8
F ₁ Гармония х Грузия	75	13,6	-1,0	14,0-17,4	44,6
F ₁ Эфиопка х Колхозница	86	17,7	+3,1	13,7-17,1	32,6

НСР – 0,54 т/га, Р – 2,75%



Рисунок 1. Поражение сортов и гибридов дыни антракнозом и мучнистой росой (среднее за 2016-2018 годы)
Figure 1. Defeat of melon varieties and hybrids with Anthracnose and powdery mildew (2016-2018)



Мучнистая роса - НСР 05 – 0,21; P, % - 1,39
 Антракноз - НСР 05 – 0,17; P, % - 1,06

Рисунок 2. Степень поражения сортов и гибридов дыни антракнозом и мучнистой росой (среднее за 2016-2018 годы)
Figure 2. The degree of destruction of melon varieties and hybrids by anthracnose and powdery mildew (2016-2018)

Выше стандарта по устойчивости были сорта Идиллия и Мечта. Сорт Идиллия поражен мучнистой росой на 44,0% при балле 1,2, антракнозом – на 75,6% при балле 1,3, проявляя комплексную устойчивость. Проявил комплексную устойчивость и гибрид F₁ Мечта x Идиллия, пораженный мучнистой росой на 71,0% при балле 1,4, антракнозом – на 85,7% при балле 2,4. Хорошие вкусовые качества и комплексная устойчивость проявились в гибриде F₁ Кувшинка x Мечта, содержание сухого вещества в соке плодов составляло до 18,3%.

Ни в одном из изучаемых образцов содержание нитратов не превышало значение ПДК – 90 мг/кг, составляя от 32,6 до 56,7 мг/кг (табл. 1).

Из 17 изученных образцов для дальнейшей работы отобрано 5 перспективных гибридов F₁, обладающих комплексной устойчивостью (рис. 1, 2).

Характеристика отобранных гибридов

Гибрид F₁ Дюна x Славия – среднего срока созревания. Вегетационный период 88 суток. Плоды имеют овальную форму. Окраска коры желто-оранжевая, без рисунка, сетка сплошная. Масса плода 4-4,5 кг. Урожайность – 17 ц/га. Мякоть плода белая, среднеплотная. Содержание сухого вещества – 17,7%. Образец выделяется высоким выходом товарной продукции, хорошими вкусовыми качествами.

Гибрид F₁ Кувшинка x Мечта – гибрид среднего срока созревания, плоды шаровидные, желтые, без рисунка. Сетка сплошная, несвязанная. Масса плода – до 4 кг. Урожайность высокая – 18,2 ц/га. Мякоть плода белая, картофельной консистенции, содержит до 18,3% сухого вещества в соке плода. По комплексной устойчивости к болезням превышает стандарт.

Гибрид F₁ Гармония x Грузия – вегетационный период 75 суток. Плоды удлиненной формы, окраска желтая, без рисунка, средняя масса плода – 4,8 кг. Урожайность – 13,6 ц/га. Мякоть плода белая, среднеплотной консистенции, содержание сухого вещества в соке – до 17,4%. По устойчивости к антракнозу превышает стандарт на 12%, к мучнистой росе – на 3,4%.



Антракноз дыни



Мучнистая роса



Гибрид F₁ Оригинальная х Осень



Гибрид F₁ Дюна х Славия

Об авторах:

Варивода Ольга Павловна – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник

Масленикова Екатерина Сергеевна – младший научный сотрудник

About the authors:

Olga P. Varivoda – cand. Sci. (Agriculture), leading researcher

Ekaterina S. Maslennikova – Junior researcher

Гибрид F₁ Эфиопка х Колхозница – гибрид среднего срока созревания. Плоды шаровидной формы, с желтой окраской без рисунка, слабосегментированные со сплошной сеткой. Масса плода – до 4,5 кг, урожайность – 17,7 ц/га, содержание сухого вещества в соке плода составляет от 13,7 до 17,1%. Гибрид проявил высокую комплексную устойчивость к антракнозу и мучнистой росе, значительно превышая стандарт. Поражение мучнистой росой составило 44,0% при балле 0,6, антракнозом – 70,0% при балле 1,4.

Гибрид F₁ Оригинальная х Осень – среднего срока созревания. Форма плода округлая, окраска желтая, рисунок разорванные полосы оранжевого цвета. Сетка сплошная. Масса плода – 5,6-7,6 кг, урожайность – 17,5 ц/га. Мякоть белая, сочная, среднеплотной консистенции, содержание сухого вещества в соке плода – до 17,2%. Вкусовые качества отличные. В течение трёх лет (среднее в диаграмме) проявлял высокую комплексную устойчивость к антракнозу и мучнистой росе, превышая родительские формы и стандарт на 20-27% при балле заражения 1,3- 1,4, тогда как балл поражения стандарта составлял 1,8-2,3.

Закключение

При искусственном заражении сортов и гибридов дыни мучнистой росой и антракнозом были выявлены и отобраны пять образцов, обладающих комплексной устойчивостью к этим заболеваниям. Устойчивость в гибридах F₁ к мучнистой росе носила промежуточный характер наследования с отклонением в сторону наиболее устойчивого родителя. Отобранные образцы превосходили стандартный сорт Осень по комплексной устойчивости к мучнистой росе и антракнозу, продуктивности и вкусовым качествам. Лучшие образцы по устойчивости к болезням и хозяйственно ценным признакам будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Литература

1. Борисов В.А., Литвинов С.С., Романова А.В. Качество и лежкость овощей. М., 2003. 452 с.
2. Варивода Е.А., Бочерова И.Н., Варивода Г.В. Коллекционные образцы Быковской станции – исходный материал для создания новых сортов арбуза. Овощи России. 2019;(1):37-41. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-37-41>
3. Вавилов Н.И. Проблемы иммунитета культурных растений. М. - Л. Наука, 1964;(4):518.
4. Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (применительно к запросам селекции) / Н.И. Вавилов// Теоретические основы селекции растений. -М.-Л., 1935;(1):891-970.
5. Ван дер Планк Я.Е. Болезни растений. М., Колос, 1966. 254 с.
6. Горленко М.В. Краткий курс иммунитета растений к инфекционным болезням. М., Высшая школа, 1973. С.102.
7. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений. М., 2001. С.1973.
8. Дютин К.Е. Генетика и селекция бахчевых культур. Астрахань, 2007. С.149-177.
9. Варивода О.П. Селекция дыни на комплексную устойчивость к антракнозу и мучнистой росе. Сб. научных трудов по овощеводству и бахчеводству. Селекция и семеноводство. М., 2006;(1):110-111.
10. Селекция бахчевых культур. Методические указания. ВИР, Л. 1988.
11. Дютин К.Е. Методические указания по селекции арбуза на устойчивость к антракнозу. М., 1980.
12. Дютин К.Е., Шустова Н.И., Соколов Ю.В. Селекция арбуза на устойчивость к мучнистой росе. Методические указания. М., 2001.
13. Варивода О.П., Колешовина Т.Г., Варивода Г.В. Особенности селекционного процесса на устойчивость к грибным заболеваниям. Сб. Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях. М., 2015. С.185-188.
14. Курунина Д.П., Емельянова Л.В., Корнилова М.С. Основные результаты селекции дыни Волгоградской области. Таврический вестник аграрной науки. Симферополь, 2016;4(8):46-53.

References

1. Borisov V.A. Quality and keeping quality of vegetables/ V.A. Borisov, S.S. Litvinov, A.V. Romanova// M.,2003. 452.
2. Varivoda E.A., Bocherova I.N., Varivoda G.V. The collection samples of watermelon of bikovskaya cucurbits station are the initial material for the selection of new varieties. Vegetable crops of Russia. 2019; (1):37-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-37-41>
3. Vavilov N.I. Problems of immunity of cultivated plants. M. - L. Nauka, 1964;(4):518.
4. Vavilov N.I. The doctrine of plant immunity to infectious diseases (in relation to breeding requests). Teoreticheskie osnovy selekcii rasteniya. M.-L., 1935;(1):891-970.
5. Van der Plank, J. E. Plant disease. M., Kolos, 1966. 254 p.
6. Gorlenko M.V. A brief course of plant immunity to infectious diseases. M., Vysshaya shkola, 1973. P.102.
7. Zhuchenko A.A. Adaptive system of plant breeding. M., 2001. P.1973.
8. Dyutin K.E. Genetics and selection of melons. Astrahan, 2007. P.149-177.
9. Varivoda O.P. Melon selection for complex resistance to Anthracnose and powdery mildew. Sb. nauchnyh trudov po ovoshchevodstvu i bahchevodstvu. Selekcija i semenovodstvo. M., 2006;(1):110-111.
10. Breeding of melons. Methodical instructions. VIR, L.,1988.
11. Dyutin K.E. Guidelines for breeding watermelon for resistance to Anthracnose. M., 1980.
12. Dyutin K.E., Shustova N.I., Sokolov Yu.V. Selection of watermelon for resistance to powdery mildew. Methodical instructions. M., 2001.
13. Varivoda O.P., Koleshova T.G., Varivoda G.V. Features of the breeding process for resistance to fungal diseases. Sb. Nauchnoe obespechenie otrasli ovoshchevodstva Rossii v sovremennyh usloviyah. M., 2015. P.185-188.
14. Kurunina D.P., Emelyanova L.V., Kornilova M.S. The main results of the breeding of melon Volgograd region. Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016;4(8):46-53.

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-25-32>
УДК 633.13:631.524.85/.86(470.0)

Варгач Ю.И.

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
"Всероссийский селекционно-технологический
институт садоводства и питомниководства"
(ФГБНУ ВСТИСП)
Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, д. 4
E-mail ulvargach@gmail.com

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Варгач Ю.И.
Результаты сравнительной оценки образцов
овса (*A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch) по устой-
чивости к полеганию, урожайности и адаптивно-
сти в центральных регионах Нечерноземной
зоны РФ. Овощи России. 2019;(5):25-32.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-25-32>

Поступила в редакцию: 17.09.2019
Принята к печати: 16.10.2019
Опубликована: 25.10.2019

Julia I. Vargach

All-Russian Horticultural Institute for Breeding,
Agrotechnology and Nursery
4, Zagoryevskaya str., Moscow, Russia, 115598
E-mail ulvargach@gmail.com

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

For citation: Vargach Ju.I. The results of the
comparative evaluation of samples of oat (*A. sativa*
L., *A. byzantina* C. Koch) for resistance to lodging,
yield and adaptability in central Non-chernozem
zone of the Russian Federation. Vegetable crops of
Russia. 2019;(5):25-32 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-25-32>

Received: 17.09.2019
Accepted for publication: 16.10.2019
Accepted: 25.10.2019

Результаты сравнительной оценки образцов овса (*A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch) по устойчивости к полеганию, урожайности и адаптивности в центральных регионах Нечерноземной зоны РФ



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Каждый сорт характеризуется рядом биологических особенностей, вследствие рекомбинации генетического материала в процессе его селекции. Эти особенности проявляются в реакции растений на почвенно-климатические и технологические условия, выраженные в изменении элементов структуры урожайности и показателей уровня адаптивности растений к условиям произрастания, а также в устойчивости к полеганию. Новые сорта имеют малоизвестные свойства, которые необходимо в конкретных почвенно-климатических условиях изучать и сравнивать, проводить их оценку для принятия решения о возможности их регистрации в Государственном реестре или выбраковки. Основным показателем, характеризующий уровень сельскохозяйственного производства, – это урожайность. Важным показателем также является устойчивость к полеганию, поскольку недобор зерна в результате полегания хлебных злаков может достигать 15-40%. Внедрение новых высокоурожайных сортов на основе их испытания и применение на посевах наиболее эффективных технологических приемов возделывания позволит получать значительный валовой сбор.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2016-2018 годах с целью оценки образцов культурных гексаплоидных видов овса пленчатых и голозерных форм по устойчивости к полеганию, урожайности и адаптивности в условиях умеренно-континентального климата Центральной Нечерноземной зоны. Определяли устойчивость к полеганию, изменчивость урожайности, индексы условий среды и адаптивность. Основным методом оценки полевой устойчивости к полеганию – визуальный (в баллах), позволяющий ранжировать сорта по данному признаку. Потенциальную продуктивность и адаптивность сортов рассчитывали по методу Л.А. Животкова и др. [1], показатель уровня стабильности урожайности сорта (Пусс) по методу Э.Д. Неттевича и др. [2].

Результаты. Хорошую пластичность и высокий потенциал продуктивности проявили многие сорта. Лучшими по устойчивости к полеганию, урожайности и адаптивности среди пленчатых форм, оказались сорта Сиг, Мирт, Poseidon, Belinda, Rajtar, среди голозерных – Бекас, Вятский, Королек.

Ключевые слова: *A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch, пленчатый овес, голозерный овес, устойчивость к полеганию, урожайность, адаптивность, стабильность.

The results of the comparative evaluation of samples of oat (*A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch) for resistance to lodging, yield and adaptability in central Non-chernozem zone of the Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Each sample is characterized by a number of biological features, due to the recombination of genetic material in the process of its selection. These features are manifested in the reaction of plants to soil-climatic and technological conditions, expressed in the change of the elements of the yield structure and indicators of the level of adaptability of plants to growing conditions, as well as resistance to lodging. New samples have little-known properties that need to be studied and compared in specific soil and climatic conditions, to assess them in order to decide on the possibility of their zoning or culling. The main indicators characterizing the level of agricultural production are productivity, resistance to lodging, since the shortage of grain as a result of lodging of cereals can reach 15-40%. The introduction of new high-yielding varieties on the basis of their testing and the use of the most effective technological methods of cultivation on crops will allow to receive a significant gross harvest.

Materials and methods. The study was carried out in 2016-2018 to assess models of cultural hexaploid species of oats hulled and naked forms of resistance to lodging, yield and adaptability in the temperate continental climate of Central non-Chernozem zone. Resistance to lodging, yield variability, indices of environmental conditions and adaptability were determined. The main method of evaluation of the field resistance to lodging – visual (in points) that allows you to rank the varieties based on this characteristic. We were calculated potential productivity and adaptability of varieties by method L. A. Zhivotkov et al. [1], an indicator of the stability level of the sample yield (Puss) by the method of E. D. Nettevich et al. [2].

Results. Many varieties showed good plasticity and high productivity potential. The best in resistance to lodging, yield and adaptability among the hulled forms were varieties Sig, Mirt, Poseidon, Belinda, Rajtar, and the naked forms – Becas, Vyatsky, Korolek.

Keywords: *A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch, hulled oats, naked oats, resistance to lodging, yield, adaptability, stability.

Введение

Овес – одна из наиболее важных и распространенных зерновых культур в мире. В России производится 22,5% мирового объема зерна этой культуры, в Канаде – 12,1%, в США и Австралии – 5,6%. Практически весь мировой валовой сбор овса потребляется внутри стран-производителей. В целом производство зерна этой культуры в последние годы стабилизировалось, однако наблюдается тенденция к неполному удовлетворению потребностей в нем [3]. В начале XX века овес занимал более 18 млн га с общим объемом зерна более чем в 16 млн т. Уменьшение посевных площадей во второй половине XX века привело к значительному снижению производства. На сегодняшний день в Российской Федерации посевы овса занимают 2,75 млн га, валовой сбор составляет около 4,0-5,3 млн т [4]. Основные посевы в России сосредоточены в Сибирском (1337,1 тыс. га), Приволжском (861,9 тыс. га) и Центральном (553,7 тыс. га) федеральных округах.

Сортимент культуры оказывает значительное влияние на уровень и стабильность производства. По данным Росстата [5], в 2015 году было посеяно 706,4 млн га овса: из них 73,2% являлись сортами отечественной селекции, 1,7% составляли иностранные сорта; на долю отечественных и зарубежных не сортовых семян и семян сортов, не включенных в государственный реестр, приходилось 25,1%.

Основой производства сельскохозяйственной продукции является сорт. Основное требование, предъявляемое к сорту – высокая урожайность. Новый сорт может получить распространение в производстве только в том случае, если имеет более высокие преимущества по урожайности, чем лучшие из уже используемых сортов данной культуры [6].

Требования к сортам овса достаточно высоки. По мнению некоторых ученых, основных причин две: во-первых, в России овес часто рассматривается как культура, которая замыкает севооборот, что нарушает технологию его выращивания [7]; во-вторых, неблагоприятные региональные экологические факторы отрицательно влияют на его урожайность. Поэтому сорт должен быть экологически пластичным – способным формировать высокую урожайность хорошего качества в различных почвенно-климатических условиях [8], иметь соломину, устойчивую к полеганию, а также положительно отзываться на улучшение технологии возделывания [9].

Цель исследований – провести оценку образцов овса из коллекции ВИР для выделения источников хозяйственно ценных признаков в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Провести оценку образцов культурных видов овса по элементам продуктивности и урожайности.
2. Выделить образцы овса, устойчивые к полеганию.

Материалы и методы

Исследования проводили в поселке Михнево Ступинского района (Московская обл.) на опытных полях НИО генофонда ФГБНУ ВСТИСП. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая слабогумусированная, мощность пахотного горизонта 22 см. Хорошо выражен подзолистый горизонт. Почвообразующая порода – покровные суглинки. Эрозионные процессы на участке выражены слабо [10]. В таблице 1 представлены основные почвенные показатели за 2016-2018 годы.

Погодные условия на протяжении вегетационного периода (май – август) 2016 года характеризовались умеренными среднесуточными температурами воздуха – 17,3°C, превышающими среднесуточные данные на 2,2°C, и обилием осадков (461,4 мм), превышавших «норму» в 1,7 раз.

Май 2017 года был холоднее нормы. За весну (конец апреля-май) отмечено всего 16 дней со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C. Первая половина лета была холодной с обилием осадков, что затягивало вегетацию растений и замедляло созревание.

Вегетационный период 2018 года отличался засушливыми условиями. При недостатке осадков (86,5 мм) – в 3 раза ниже «нормы», умеренные среднесуточные температуры воздуха – 18°C, превышали среднесуточные данные на 2,9°C. Фазы выметывания и полного созревания растений в среднем наступили на 2 недели раньше, чем в предыдущие годы, при этом средняя урожайность образцов снизилась вдвое.

Сводные данные по метеорологическим условиям 2016-2018 годов представлены в таблице 2.

Высевали 300 образцов овса из коллекции ВИР гексаплоидных (2n = 42) культурных видов *A. sativa* L., *A. byzantina* C. Koch 32 стран происхождения с различной степенью селекционной проработки (местные, примитивно-селекционные и современные селекционные сорта). Среди образцов овса посевного – два подвида: пленчатый (*A. sativa* subsp. *sativa* Rod. et Sold.) (134 образца) и голозерный (*A. sativa* subsp. *nudisativa* (Husnot.) Rod. et Sold.) (44 образца).

Посев производился в полевом севообороте 3-7 мая в 2016-2018 годах сеялкой на делянках 2 м². Способ посева – сплошной, глубина заделки семян – 3 см, норма высева – 300 зерен на 1 м². В качестве стандартов для пленчатых форм использовали сорт Улов (Патент № 0276 от 2.02.99 г.), для голозерных форм – сорт Пушкинский. Стандарты высевали через каждые 20 номеров. Расстояние между делянками – 0,5 м. Общая площадь, заложенная под опыт, – 0,15 га. Уборку проводили в августе 2016-2018 годов по мере созревания образцов.

Фенологические наблюдения и полевые оценки проводились систематически на всех этапах изучения согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса ВИР» [11], «Методике полевого опыта» Доспехова Б.А. [12] и «Биометрии» Лакина Г.Ф. [13].

Таблица 1. Агрохимические показатели опытного участка, 2016-2018 годы
Table 1. Agrochemical parameters of the experimental area, 2016-2018

	pH KCl	Гумус, % Humus, %	Н щ/г (по Корнфилду) N a/g (by Kornfeld)	P ₂ O ₅	K ₂ O
			(по Кирсанову) (by Kirsanov)		
			В мг/100 г воздушно-сухой почвы (In mg/100 g of air-dry soil)		
Средняя за 2016-2018 годы The average for 2016-2018	5,1	2,4	4,7	28,0	15,1
Оптимальные показатели для овса Optimal performance for oats	5-6	> 1,6	3,5-4,6	12-13	13-15

Таблица 2. Метеорологические условия, Михнево в 2016-2018 годы
Table 2. Meteorological conditions, Mikhnevo in 2016-2018

Месяц Month	Сумма активных температур, °C Sum of active temperatures, °C				Сумма осадков, мм Precipitation amount, mm				Гидротермический коэффициент hydrothermal coefficient			
	2016 год	2017 год	2018 год	Среднегодовое Mean annual	2016 год	2017 год	2018 год	Среднегодовое Mean annual	2016 год	2017 год	2018 год	Среднегодовое Mean annual
Май May	345,3	180,1	473,5	333	91,4	59,0	14,5	49	2,65	3,28	0,31	2,04
Июнь June	472,5	376,4	464,5	437,8	116,5	63,6	18	63	2,47	1,69	0,39	1,67
Июль July	617,3	543,6	640,5	600,5	152,4	63,8	44	78	2,47	1,17	0,69	1,28
Август August	580,9	534,8	589	568,2	101,1	32,0	10	74	0,68	0,39	0,17	0,78
Всего за вегетацию Total for the growing season	2015,9	1623,9	2167,5	1939,4	461,4	218,4	86,5	264	2,48	1,46	0,45	1,35

Для оценки приспособленности образцов к условиям среды по трехлетним данным рассчитывали коэффициент адаптивности (Kad) [1] и показатель уровня стабильности урожайности сорта (Пусс) [2]. Коэффициент адаптивности рассчитывали, как среднее процентное отклонение от среднегодовой урожайности за 3 года с контрастными условиями. Высокоадаптивными можно считать образцы, коэффициент адаптивности которых больше единицы. Расчет вели среди выделившихся, наиболее урожайных образцов. Показатель уровня и стабильности урожайности сорта (Пусс) получают умножением средней урожайности сорта, выраженной в % к стандарту, на индекс стабильности. Последний рассчитывают путем деления средней урожайности сорта в ц/га (г/м²) на коэффициент вариации урожайности. Эту величину выражают в % к стандарту.

Результаты и их обсуждение

По результатам исследований из 300 образцов 50 стабильно показали очень высокую устойчивость к полеганию (9 баллов), 12 – высокую устойчивость (7 баллов). Таким образом, по устойчивости к полеганию 7-9 баллов выдели-

лись 20,7% образцов. Высота растений по годам значительно различалась. Так, в 2016 году средний показатель по всей коллекции составлял 81±13 см, в 2017 году – 102±13 см, в 2018 году – 73±12 см. Отмечено, что на длину соломины голозерных и пленчатых форм оказывал влияние уровень влагообеспеченности и температура воздуха в период вегетации. На рисунке 1 показана высота растений устойчивых, среднеустойчивых и неустойчивых к полеганию образцов за 3 года. Поскольку в 2018 году уровень влагообеспеченности был очень низким (ГТК = 0,45), неустойчивых (1-3 балла) к полеганию образцов не наблюдали. Неустойчивые к полеганию образцы имели длину стебля от 61 см до 110 см в 2016 году и от 108 см до 129 см – в 2017 году. В то же время, в группе устойчивых к полеганию образцов отмечены как короткостебельные, так и формы со средней длиной (21-110 см – в 2016 году, 51-129 см – в 2017 году, 37-107 см – в 2018 году). Согласно исследованиям коллег из Республики Беларусь [14], прочность стебля овса может обеспечиваться комплексом анатомических признаков: развитием периферического слоя склеренхимы перициклического происхождения, числен-

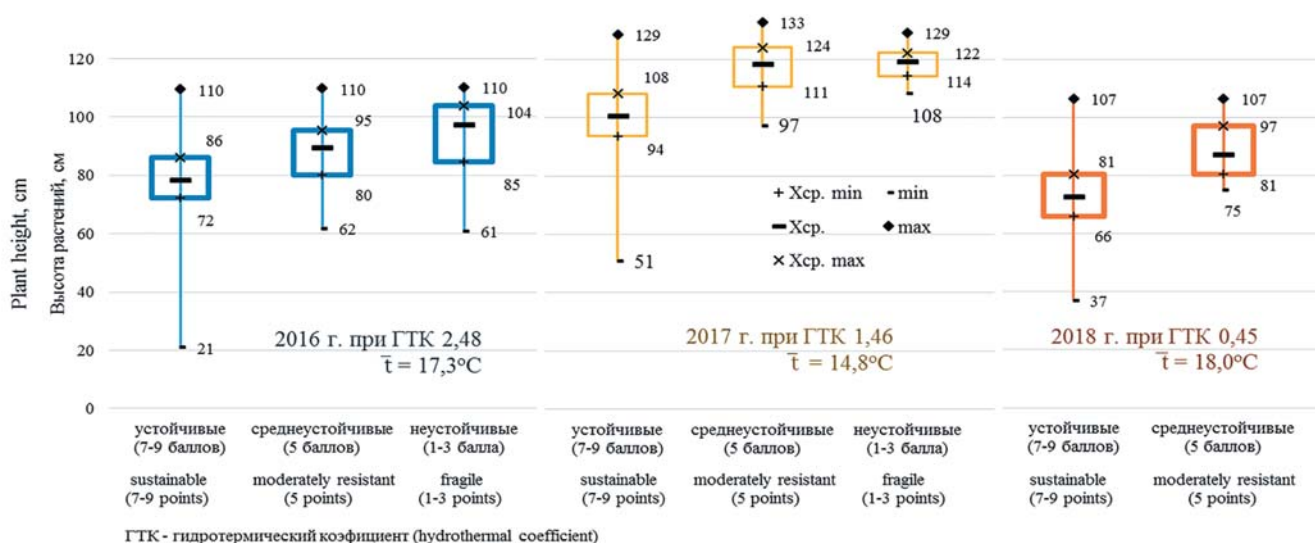


Рисунок 1. Высота растений устойчивых, среднеустойчивых и неустойчивых к полеганию образцов, Михнево, 2016-2018 годы
Figure 1. Plant height of resistant, medium-resistant and unstable to lodging samples, Mikhnevo, 2016-2018

Таблица 3. Линейная корреляция устойчивости к полеганию с признаками строения пленчатых и голозерных форм овса, Михнево, 2016-2018 годы

Table 3. Linear correlation of resistance to lodging with structural features of hulled and naked forms of oats, Mikhnevo, 2016-2018

Коррелирующие признаки Correlated features	2016 год	2017 год	2018 год
	Голозерные образцы Naked samples		
Высота растений - длина метелки The height of plants – length of panicles	0,78	0,71	0,61
Высота растений - устойчивость к полеганию The height of plants – resistance to lodging	-0,40	-0,48	-0,25
Длина метелки - устойчивость к полеганию Length of panicles - resistance to lodging	-0,42	-0,52	-0,26
	Пленчатые образцы Hulled samples		
Высота растений - длина метелки The height of plants – length of panicles	0,70	0,65	0,76
Высота растений - устойчивость к полеганию The height of plants – resistance to lodging	-0,34	-0,48	-0,53
Длина метелки - устойчивость к полеганию Length of panicles - resistance to lodging	-0,18	-0,41	-0,31

Таблица 4. Выделившиеся по устойчивости к полеганию урожайные образцы, Михнево, 2016-2018 годы

Table 4. Evolved resistance to lodging harvest samples, Mikhnevo, 2016-2018

№	№ по кат. ВИР № VIR-	Происхождение Origin	Сорт Variety	Высота растений The height of plants		Урожайность Productivity	
				см	V, %	г/м²	V, %
Пленчатые образцы							
1	15468	ФРГ	Poseidon	79	28	472	43
2	14911	Швеция	Belinda	80	16	453	44
3	15418	ФРГ	Husky	82	17	426	55
4	15472	ФРГ	Symphony	85	23	425	36
5	15470	ФРГ	Rocy	79	27	421	36
6	15425	ФРГ	Rocky	80	19	421	58
7	15393	Швеция	SW Argyle	83	23	420	37
8	15384	Украина	Закат	91	13	418	33
9	15426	ФРГ	Werva	85	19	411	40
10	15353	Норвегия	Odal	82	21	406	45
11	15415	ФРГ	Firth	70	19	405	63
12	15390	Казахстан	Арман	89	25	399	41
13	15395	Швеция	SW Margaret	89	18	394	31
14	15419	ФРГ	Krezus	79	18	391	52
15	15320	РФ, Ленинградская обл.	Випен	80	20	393	32
16	15502	Украина	Житомирский	93	16	393	35
	14231	РФ, Московская обл.	Улов (St)	85	15	349	36
НСР ₀₅				1,3	-	10,9	-
Голозерные образцы							
1	14960	РФ, Кировская обл.	Вятский	101	12	207	8
2	15461	Респ. Беларусь	Королек	88	21	208	39
3	15339	РФ, Омская обл.	Прогресс	98	18	207	53
4	15505	Украина	Авгол	86	19	203	48
5	15305	Канада	Gehl	98	10	188	20
6	15304	Канада	АС Ernie	85	10	178	36
7	15063	РФ, Омская обл.	Сибирский Голозерный	89	11	177	10
	14717	РФ, Ленинградская обл.	Пушкинский (St)	97	16	170	30
НСР ₀₅				3,3	-	15,9	-



Образцы в фенофазу выметывания метелок

ностью и взаимным расположением проводящих пучков, развитием у проводящих пучков склеренхимы прокамбиального происхождения, топографическим положением в стебле механических тканей и проводящих пучков.

В соответствии с классификатором [15], 2% коллекции характеризовалась очень низкой (41-60 см); 86% – низкой (61-100 см); 12% – средней (101-130 см) высотой растений. Высокорослые образцы в коллекции отсутствовали.

Согласно полученным данным, высота растений имеет достаточно высокую прямую взаимосвязь с длиной метелки как у голозерных ($r = 0,61...0,81$), так и у пленчатых ($r = 0,65...0,76$) форм. Связь высоты растений и длины метелки с устойчивостью к полеганию была отрицательной и по величине – от слабой до средней (табл. 3). Необходимо также отметить, что голозерные образцы, в целом, оказались более устойчивыми к полеганию, чем пленчатые. За период изучения ни один образец не оценивался как очень неустойчивый (1 балл) или неустойчивый (3 балла). В 2016 году лишь 3, а в 2017 году – 10 образцов отмечались как среднеустойчивые (5 баллов).

В таблице 4 представлены наиболее урожайные образцы, устойчивые к полеганию (9 баллов) в условиях Московской области.

Средние показатели урожайности по коллекции за период трехлетних исследований следующие: для пленча-

тых – 369 г/м²; для голозерных почти вдвое меньше – 178 г/м². Среди 256 пленчатых образцов за 3 года выделились 25, среди 44 голозерных – 6 образцов, превышавших стандарт по урожайности зерна, что в общей сложности составило 10% от изучаемой коллекции. Лучшие условия для роста и развития растений пленчатых и голозерных форм овса в условиях Московской области сложились в 2017 году, когда средняя урожайность по коллекционному питомнику составила 485 г/м² и 239 г/м², соответственно.

Для получения объективной информации об адаптивности изучаемых сортов овса рассчитали коэффициент адаптивности (Kad). Доля относительно среднесортовой урожайности и средний коэффициент адаптивности представлены в таблицах 5 и 6. По полученному среднему коэффициенту адаптивности можно судить о продуктивных возможностях изучаемых сортов. В наших исследованиях он варьировал от 1,61 до 0,41 – для пленчатых форм и от 1,95 до 0,38 – для голозерных. За годы исследований (2015-2018 годы) 124 пленчатых (из 256) и 19 голозерных (из 44) образцов имели коэффициент адаптивности свыше 1,0. По абсолютному показателю адаптивности сорта расположились в следующей очередности: пленчатые Сиг (к-15335; 1,61), Мирт (к-15500; 1,56), Poseidon (к-15468; 1,52), Belinda (к-14911; 1,46), Symphony (к-15472; 1,46), Genziana (к-15417; 1,43), Rajtar (к-15424; 1,41) и т.д. (табл.



Опытное поле

Таблица 5. Продуктивность, коэффициент адаптивности и критерий стабильности
выделившихся пленчатых образцов овса, Михнево, 2016-2018 годы
Table 5. Productivity, coefficient of adaptability and stability criterion
of allocated hulled oat samples, Mikhnevo, 2016-2018

№ по кат. ВИР № VIR	Происхождение Origin	Сорт Variety	Урожайность, г/м² Productivity, g/m²				Kad	Урожайность, в % к St Productivity in % to St	V, %	Пусс, Puss %
			2016 год	2017 год	2018 год	$\bar{X}$				
15500	Респ. Беларусь	Мирт	455	661	548	555	1,56	131,1	19	330
15329	РФ, Ульяновская обл.	КСИ 639/05	412	567	506	495	1,40	117,0	16	311
15335	РФ, Новосибирская обл.	Сиг	488	709	515	571	1,61	134,9	21	307
15384	Украина	Закат	324	655	539	506	1,37	119,6	33	154
15468	ФРГ	Poseidon	342	830	542	572	1,52	135,2	43	152
15472	ФРГ	Symphony	467	718	361	515	1,46	121,8	36	149
15470	ФРГ	Rocy	342	706	482	510	1,38	120,6	36	144
15393	Швеция	SW Argyle	294	642	591	509	1,37	120,4	37	140
14911	Швеция	Belinda	339	809	497	548	1,46	129,7	44	138
15424	Польша	Rajtar	282	712	606	533	1,41	126,1	42	135
15360	Норвегия	GN 09039	273	606	621	500	1,34	118,2	39	127
15388	Респ. Молдова	Saltaret	291	512	664	489	1,34	115,6	38	124
15426	ФРГ	Werva	288	682	524	498	1,33	117,7	40	124
15497	РФ, Екатеринбургская обл.	Атлет	261	712	600	524	1,38	123,9	45	122
15467	ФРГ	Nike	242	770	615	542	1,40	128,2	50	117
15462	Респ. Беларусь	Фристайл	233	718	627	526	1,37	124,4	49	113
15421	ФРГ	Malin	233	639	682	518	1,36	122,5	48	112
15417	ФРГ	Genziana	203	812	673	563	1,43	133,0	57	111
15391	Швеция	Aveny	248	652	567	489	1,29	115,6	43	110
15353	Норвегия	Odal	239	655	582	492	1,29	116,3	45	107
15418	ФРГ	Husky	197	745	606	516	1,32	122,0	55	96
15281	РФ, Московская обл.	120h2106	230	864	500	531	1,35	125,6	60	94
15425	ФРГ	Rocky	221	809	500	510	1,30	120,6	58	90
15416	ФРГ	Furman	218	879	458	518	1,31	122,5	65	83
15415	ФРГ	Firth	179	800	494	491	1,23	116,1	63	76
14231	РФ, Московская обл.	Улов (St)	258	554	458	423	-	-	36	-
Индекс среды			-128	116	12	-	-	-	-	-
HCP ₀₅			11,03	17,32	15,91	-	-	-	-	-

**Таблица 6. Продуктивность, коэффициент адаптивности и критерий стабильности
выделившихся голозерных образцов овса, Михнево, 2016-2018 годы**
**Table 6. Productivity, coefficient of adaptability and stability criterion
of allocated naked oat samples, Mikhnevo, 2016-2018**

№ по кат. ВИР № VIR	Происхождение Origin	Сорт Variety	Урожайность, г/м ² Productivity, g/m ²				Kad	Урожайность, в % к St Productivity in % to St	V, %	Пусс, Puss %
			2016 год	2017 год	2018 год	$\bar{X}$				
14960	РФ, Кировская обл.	Вятский	236	242	273	251	1,49	121,6	8	1394
15669	Китай	Hua Zao 2	224	252	194	223	1,31	108,4	13	667
151475	РФ, Кировская обл.	Бекас	264	500	288	351	1,95	170,1	37	572
15305	Канада	Gehl	185	276	221	227	1,31	110,3	20	443
15501	Украина	Визит	158	288	227	224	1,27	108,9	29	299
15461	Респ. Беларусь	Королек	173	361	221	252	1,39	122,1	39	282
15505	Украина	Авгол	115	348	276	246	1,35	119,6	48	217
15339	РФ, Омская обл.	Прогресс	115	379	258	251	1,36	121,6	53	206
15372	Словакия	Tatran	85	488	218	264	1,35	128,0	78	154
14717	РФ, Ленинградская обл.	Пушкинский (St)	159	275	185	206	-	-	30	-
Индекс среды			-41	61	-20	-	-	-	-	-
HCP ₀₅			16,71	28,54	18,90	-	-	-	-	-

5); голозерные (табл. 6) Бекас (к-151475; 1,95), Вятский (к-14960; 1,49), Королек (к-15461; 1,39), Прогресс (к-15339; 1,36), Авгол (к-15505; 1,35), Tatran (к-15372; 1,35), Hua Zao 2 (к-15669; 1,31), Gehl (к-15305; 1,31).

Метеорологические условия в годы исследований носили разнообразный характер. Это позволило дать более объективную оценку изучаемым сортам, исходя из сложившихся внешних условий среды, обусловленных гидро-термическим режимом. Индекс условий среды (Ij) по годам у пленчатых форм изменялся от минус 128 до плюс 116; у голозерных – от минус 41 до плюс 61. Положительное значение индекса условий среды формирует благодаря более полной реализации потенциальных возможностей генотипов в данных условиях, а, между тем, высокие отрицательные индексы являются следствием низкого адаптивного потенциала изучаемых сортов. Наиболее благоприятным по влагообеспеченности и температурному режиму для сортов овса был 2017 год (Ij = 116) (табл. 5) и (Ij = 61) (табл. 6). Недостаток тепла в репродуктивный период 2016 года оказал негативное влияние на продуктивность культуры. Для данного года определено высокое отрицательное значение индекса среды (Ij = -128) (табл. 5), (Ij = -41) (табл. 6).

Критерий Пусс является комплексным показателем, одновременно учитывающим уровень и стабильность урожайности. У сортов с максимальной средней урожайностью и минимальным коэффициентом вариации, отмечаются максимальные значения критерия Пусс (табл. 5 и 6): пленчатые – Мирт (к-15500; 330), КСИ 639/05 (к-15329; 311), Сиг (к-15335; 307); голозерные – Вятский (к-14960; 1394), Hua Zao 2 (к-15669; 667), Бекас (к-151475; 572), Gehl (к-15305; 443).

Было выяснено, что показатели стабильности урожайности и адаптивности сортов не всегда совпадают. Стабильность сорта обусловлена высокой урожайностью и низкой вариативностью по годам, в то время как адаптивность сортов учитывает показатели отклонений от среднегодовых значений коллекций, что, в конечном итоге, оценивает способность сорта давать относительно высокую и стабильную урожайность зерна не только в благоприятных, но и в контрастных условиях. Высокопродуктивными образцами, сочетающими в себе оба эти показателя, являются пленчатые: Сиг (Новосибирская обл.), Мирт (Беларусь), и голозерные: Hua Zao 2 (Китай) и Gehl (Канада).

Максимальной средней урожайностью (от 135,2% до 125,6% относительно стандарта) за период исследований

характеризовались пленчатые сорта: Poseidon (к-15468; ФРГ); Сиг (к-15335; РФ, Новосибирская обл.); Genziana (к-15417; ФРГ); Мирт (15500; Респ. Беларусь); Belinda (к-14911; Швеция); Nike (к-15467; ФРГ); Rajtar (к-15424; Польша); 120h210 (к-15281; РФ, Московская обл.) и голозерные сорта (от 170,1% до 122,1%) – Бекас (к-151475; РФ, Кировская обл.); Tatra (к-15372; Словакия); Королек (к-15461; Респ. Беларусь). Однако не все перечисленные генотипы обладали высокой стабильностью по признаку урожайности за исключением сортов пленчатых сортов – Мирт, Сиг и голозерного – Бекас (табл. 5 и 6).

Выводы

Из оцененных 300 образцов овса выделены источники по следующим признакам:

- по абсолютному показателю адаптивности – урожайные пленчатые образцы: Сиг (к-15335), Мирт (к-15500), Poseidon (к-15468), Belinda (к-14911), Symphony (к-15472), Genziana (к-15417), Rajtar (к-15424); голозерные: Бекас (к-151475), Вятский (к-14960), Королек (к-15461),

Прогресс (к-15339), Авгол (к-15505), Tatra (к-15372), Hua Zao 2 (к-15669), Gehl (к-15305).

- по максимальным значениям критерия Пусс – урожайные пленчатые образцы: Мирт (к-15500), КСИ 639/05 (к-15329), Сиг (к-15335); голозерные: Вятский (к-14960), Hua Zao 2 (к-15669), Бекас (к-151475), Gehl (к-15305).

- высокопродуктивными образцами, сочетающими в себе оба эти показателя, являются пленчатые: Сиг (Новосибирская обл.), Мирт (Беларусь), и голозерные: Hua Zao 2 (Китай) и Gehl (Канада).

- устойчивые к полеганию и урожайные – пленчатые: Poseidon (15468), Belinda (к-14911), Husky (к-15418), Symphony (к-15472), Rocy (к-15470), Rocky (к-15425), SW Argyle (к-15393), Закат (к-15384), Werva (к-15426), Odal (к-15353), Firth (к-15415), Арман (к-15390), SW Margaret (к-15395), Krezus (к-15419), Випен (к-15320), Житомирский (к-15502); голозерные: Вятский (к-14960), Королек (к-15461), Прогресс (к-15339), Авгол (к-15505), Gehl (к-15305), AC Ernie (к-15304), Сибирский Голозерный (к-15063).

Об авторе:

Варгач Юлия Игоревна – младший научный сотрудник лаб. полевых культур научно-исследовательского отдела генофонда Центра генофонда и биоресурсов растений ФГБНУ ВСТИСП <https://orcid.org/0000-0002-8168-1973>

About the author:

Julia I. Vargach – junior researcher of lab. Field Crops Research Department of the Gene Pool the Center for Gene Pool and Plant Biological Resources (ARHIBAN) <https://orcid.org/0000-0002-8168-1973>

Литература

1. Животков Л.А., Морозова З.А., Секачева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.
2. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна. Вестник с.-х. науки. 1985;(1):66-73.
3. Баталова Г.А. Формирования урожая и качества зерна овса // Достижения науки и техники АПК. 2010;(11):10-13.
4. Лоскутов И.Г. Овес (*Avena L.*): распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб, 2007. 335 с.
5. Российский статистический ежегодник. 2017: Стат.сб. Росстат. М., 2017. С.367-370.
6. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур. Гродно: ГГАУ, 2011. 9 с.
7. Баталова Г.А. Селекция растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012;(3):20-21.
8. Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология, 1984;(4):109-113.
9. Забалуева Д.В. Изучение селекционного материала овса во Владимирском НИИСХ // Владимирский земледелец. 2016;3(77):31-34.
10. Агроклиматический справочник по Московской области / под ред. проф. С. А. Сапожникова. Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Моск. упр. гидрометслужбы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1954. 194 с.
11. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб, ред.-изд. отд. ВИР, 2012. 63 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
13. Лакин, Г.Ф. Биометрия. Учеб. пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
14. Лазаревич С. В., Халецкий С. П., Лазаревич С. С., Мыхлык А. И. Методология анатомических исследований стебля овса посевного для целей селекции // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2013;(1):66-71.
15. Великовский В., Бареш И., Форел А. и др. Международный классификатор СЭВ рода *Avena L.* / Л.: ВИР, 1984. 46 с.

References

1. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekacheva L.I. Methods of identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of «Yield» // Breeding and seed production. 1994;(2):3-6. (In Russ.)
2. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Improving the efficiency of spring wheat selection for yield stability and grain quality. Messenger of Agricultural Sci., 1985;(1):66-73. (In Russ.)
3. Batalova G.A. Formation of yield and grain quality of oats // Achievements of science and technology of agriculture, 2010;(11):10-13. (In Russ.)
4. Loskutov I.G. Oat (*Avena L.*): distribution, taxonomy, evolution and breeding value / St.-P., 2007. 335 p. (In Russ.)
5. Russian statistical yearbook. Rosstat. M., 2017. P.367-370. (In Russ.)
6. Korzun O.S., Brullo A.S. Adaptive traits for breeding and seed production of agricultural crops. Grodno: GGAU, 2011. 9 p. (In Russ.)
7. Batalova G.A. Plant breeding in the conditions of instability of the agro-climatic resources. Leguminous and Groat crops. 2012;(3):20-21. (In Russ.)
8. Pokudin V.Z. Evaluation of the ecological plasticity and stability of samples of agricultural crops. Agricultural biology. 1984;(4):109-113. (In Russ.)
9. Zabalueva D.V. Research of breeding material of oats in the Vladimir agricultural research Institute. Vladimir farmer. 2016;3(77):31-34. (In Russ.)
10. Agroclimatic guide to the Moscow region. Ed. by Prof. S. A. Sapozhnikov. Main Department of hydrometeorological service under the Council of Ministers of the USSR. Moscow Department of hydrometeorological service. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1954. 194 p. (In Russ.)
11. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Guidelines for the research and preservation of the world collection of barley and oat. St.-P., VIR, 2012. 63 p. (In Russ.)
12. Dospekhov B.A. Methods of field experience: textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties // Ed. 6th, reprinted from the 5th ed. 1985. M.: Alliance, 2011. 350 p. (In Russ.)
13. Lakin, G.F. Biometrics // Textbook for biological specialties of universities-4th Edition., revised and supplemented. M.: High sch., 1990. 352 p. (In Russ.)
14. Lazarevich S.V., Haleckiy S.P., Lazarevich S.S., Mihlik A.I. Methodology anatomical research of the oat's stem for the breeding. Bulletin of the Belarusian state agricultural Academy. 2013;(1):66-71. (In Russ.)
15. Velikovskiy V., Baresch I., Forel A. et al. International classifier of the Council for mutual economic assistance of the genus *Avena L.*, VIR, 1984. 46 p. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-33-37>
УДК 635.654:631.526.32

Бурляева М.О.¹, Гуркина М.В.²,
Чебукин П.А.³, Перчук И.Н.¹,
Мирошниченко Е.В.²

¹ Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова
190000, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, 42, 44
E-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

² Астраханская опытная станция – филиал
Федерального исследовательского центра
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова
416462, Россия, Астраханская область,
Привольский район, с. Яксатово
E-mail: aos_vir@mail.ru

³ Дальневосточная опытная станция – филиал
Федерального исследовательского центра
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова
690024, Россия, г. Владивосток, ул. Вавилова, 9

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бурляева М.О.,
Гуркина М.В., Чебукин П.А., Перчук И.Н.,
Мирошниченко Е.В. Новые сорта вигны
(*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.)
Verdc.) овощного использования,
перспективные для возделывания
в южных регионах России.
Овощи России. 2019;(5):33-37.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-33-37>

Благодарности. Работа выполнена
в рамках государственного задания согласно
тематическому плану ВИР,
номер государственной регистрации
AAAA-A19-119013090160-1,
"Научное обеспечение эффективного
использования мирового генофонда
зернобобовых культур и их диких родичей к
коллекции ВИР", №0662-2019-0002.

Поступила в редакцию: 18.07.2019

Принята к печати: 16.09.2019

Опубликована: 25.10.2019

Marina O. Burlyayeva¹, Mariya V. Gurkina²,
Pavel A. Chebukin³, Irina N. Perchuk¹,
Elena V. Miroshnichenko²

¹ Federal Research Center the N.I. Vavilov All-
Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)
42, 44, B. Morskaya Street,
St. Petersburg, 190000, Russia,
E-mail: m.burlyaeva@vir.nw.ru

² Astrakhan Experiment Breeding Station,
Branch of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant
Genetic Resources village Yaksatovo,
Astrakhan region, 416162, Russia
E-mail: aos_vir@mail.ru

³ Far-Eastern Experiment Breeding Station,
Branch of N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources
9, Vladivostok Street, Vladivostok, 690025, Russia

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

For citation: Burlyayeva M.O., Gurkina M.V.,
Chebukin P.A., Perchuk I.N., Miroshnichenko E.V.
New varieties of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*
subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) and prospects of
their cultivation in southern Russia. Vegetable crops of
Russia. 2019;(5):33-37 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-33-37>

Acknowledgment: The study was carried out with-
in the framework of the VIR state assignment
(budget project AAAA-A19-119013090160-1),
"Scientific support for the effective use of the world
gene pool of leguminous crops and their wild rela-
tives of the VIR collection", No. 0662-2019-0002.

Received: 18.07.2019

Accepted for publication: 16.09.2019

Accepted: 25.10.2019

Новые сорта вигны (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) овощного использования, перспективные для возделывания в южных регионах России



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время в нашей стране возник интерес к овощным сортам *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. Однако небольшое число сортов, приспособленных к различным условиям культивирования, сдерживает ее более широкое распространение. Цель работы – создать новые сорта вигны овощного направления использования, адаптивные к климатическим условиям южных регионов России.

Материал и методы. Исследования проводили с 1998 по 2018 годы на селекционных полях Астраханской ОС филиал ВИР (Астраханская обл.) и с 2012 по 2018 годы на Дальневосточной ОС филиал ВИР (Приморский край). Изучали образцы овощной вигны из мировой коллекции ВИР.

Результаты. В результате многолетней селекционной работы созданы 4 сорта вигны овощного направления использования (Астраханская красавица, Каспийская заря, Жемчужина Каспия и Лянчихе), включенные в 2019 году в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Все сорта отличаются скороспелостью, продуктивностью, отличным качеством овощных бобов, высоким содержанием белка в бобах в фазу технической спелости (29,5-33,5%), нетребовательны к плодородию почвы. Жемчужина Каспия, Астраханская красавица, Каспийская заря устойчивы к высоким температурам, воздушной засухе, засолению почвы. В Астраханской обл. в условиях орошения длина вегетационного периода (в.п.) у этих сортов равна 62-68 дням, до технической спелости бобов – 46-50 дней, урожайность бобов в стадии технической спелости – 16,1–28,2 т/га, семян – 1,91–2,71 т/га. Сорт Лянчихе хорошо выносит переувлажнение, на юге Приморского края имеет длину в.п. 97-110 дней, до технической спелости бобов – 61-70 дней, урожайность бобов в стадии технической спелости – 21,0–24,0 т/га, семян – 2,38–2,64 т/га. Выведенные сорта позволяют расширить ассортимент овощных культур, выращиваемых в нашей стране, и улучшить качество питания населения.

Ключевые слова: *Vigna unguiculata*, вигна овощная, сорт, селекция.

New varieties of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) and prospects of their cultivation in southern Russia

ABSTRACT

Relevance. Currently, there is an interest in this country in vegetable varieties of *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. However, a small number of varieties adapted to different cultivation conditions prevents a wider distribution of this crop. The present work was aimed at creating new vegetable cowpea varieties adapted to the climatic conditions of southern regions of Russia.

Materials and methods. The study was carried out in 1998-2018 in the Astrakhan Province (Astrakhan Experiment Station) and in 2012-2018 in Primorsky Territory (Far East Experiment Station). Vegetable cowpea accessions from the global VIR collection were studied.

Results. Many years of breeding have resulted in creation of such varieties as 'Astrakhanskaya krasavitsa', 'Kaspiyskaya zarya', 'Zhemchuzhina Kaspiya' and 'Lyanchihe', which were included in the State Register of Breeding Achievements in 2019. All varieties are characterized by earliness, high productivity, excellent quality of vegetable pods, high protein content in pods in the technical ripeness phase (29.5-33.5%), and by low demand to the soil fertility. 'Zhemchuzhina Kaspiya', 'Astrakhanskaya krasavitsa' and 'Kaspiyskaya zarya' are tolerant to high temperatures, air drought and soil salinity. The growing season for these varieties lasts 62-68 days in the Astrakhan Province under irrigation, while technical ripeness of pods occurs in 46-50 days. The green pod yield is 16.1–28.2 t/ha and the seed yield is 1.91-2.71 t/ha. The 'Lyanchihe' variety tolerates humidity well; its growing season in southern Primorsky Territory is 97-110 days, and pods reach technical ripeness in 61-70 days. The green pod yield is 21.0-24.0 t/ha, and that of seeds is 2.38-2.64 t/ha. The released varieties will broaden the range of vegetable crops cultivated in this country and improve the quality of nutrition of the population.

Keywords: *Vigna unguiculata*, vegetable cowpea, variety, selection.

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) – древнейшая продовольственная культура народов Африки, Азии и Средиземноморских стран. В настоящее время широко распространена в мире, по площади посевов среди зерновых бобовых культур она занимает четвертое место и уступает только сое, фасоли и нуту. По данным ФАО в 2017 году вигну возделывали на 12577845 га [1]. Растения этого вида характеризуются высоким адаптивным потенциалом, могут расти на неплодородных почвах, как в засушливых условиях, так и с повышенной влагообеспеченностью. Благодаря этим качествам производство вигны в мире постоянно возрастает, а площади посевов за 50 лет увеличились в 5 раз. В зависимости от места выращивания, года урожая, агротехники и сортовых достоинств урожайность семян колеблется от 4 до 60 ц/га, зеленых бобов – до 18,0 т/га [1, 2, 3]. Вигна – культура многоцелевого назначения: семена, зеленые бобы и листочки (как заменитель шпината) употребляют в пищу, зеленую массу и сено используют на корм животным. Бобы в стадии технической спелости консервируют, замораживают и применяют в кулинарии аналогично бобам фасоли овощной.

Овощные (спаржевые) бобы и семена вигны отличаются высокими вкусовыми достоинствами и пищевой ценностью. Благодаря наличию биологически активных веществ и важных для человека микроэлементов их относят к продуктам функционального питания. Семена и спаржевые бобы в стадии технической спелости богаты аминокислотами, витаминами (включая витамин А и С), белками (в семенах – до 31,7%, в бобах – до 33,0%) и минеральными элементами [4, 5]. В семенах содержится 0,07-12 мг/кг кальция, 4,46-7,81 мг/кг меди, 0,06-0,11 г железа, 11,82-14,45 г калия, 1,86-2,27 г магния, 9,24-13,30 мг/кг марганца, 0,26-0,80 г натрия, 4,63-5,92 г фосфора, 0,03-0,05 г цинка [6]. В зеленых бобах выявлено 11 минеральных элементов (K, Ca, P, Mg, Na, Fe, Mn, B, Al, Zn, Cu), причем уровень железа достигает 97,78 мг/кг [7]. По количеству метионина в семенах (32–39 %) вигна превосходит нут, фасоль, чечевицу, маш и уступает только сое [8].

В России культуру возделывают, в основном, на приусадебных участках в южных регионах страны (на Дальнем Востоке, на территориях, граничащих с Китаем, в Краснодарском и Ставропольском краях). В последние годы наблюдается продвижение вигны на север, в регионы Европейской части России, где сорта со слабой фотопериодической чувствительностью выращивают в условиях теплицы. Растет интерес к сортам овощного направления использования, имеющих длинные спаржевые бобы, достигающие в длину 40-100 см. В результате многие научные учреждения более активно начали заниматься селекцией вигны. С 2017 по 2019 годы в Государственный реестр селекционных достижений РФ было внесено 11 сортов [9]. Большинство из них – овощные (спаржевые) и относятся к подвиду *V. unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.

Целью наших исследований было изучение образцов вигны из коллекции ВИР и создание овощных сортов, отличающихся скороспелостью, продуктивностью, высокими пищевыми качествами зеленых бобов и семян, пригодных для выращивания на неплодородных почвах в открытом грунте в южных регионах России.

В наши задачи входила работа по выведению сортов для двух природно-климатических зон, характеризующихся контрастными погодными условиями. В Астраханской области основное внимание было уделено созданию сортов, устойчивых к высокой температуре и засолению почвы, в Приморском крае – резистентным к избыточному увлажнению и высокой влажности воздуха.

Материалы и методы

Посев и изучение вигны проводили в южных регионах страны на Астраханской (АОС) и Дальневосточной (ДВОС) опытных станциях – филиалах ВИР. Экспериментальную работу выполняли на АОС с 1998 по 2018 годы, на ДВОС – с 2012 по 2018 годы.

АОС расположена в юго-восточной части Астраханской области в зоне закаспийских пустынь и дельты Волги. Климат области засушливый и резко континентальный, по степени засушливости он уступает лишь среднеазиатским пустыням и полупустыням. Почвы на опытном поле аллювиально-луговые, тяжелосуглинистые, слабозасоленные (тип засоления хлоридно-сульфатный), слабозакисленные и с небольшим содержанием гумуса. Сумма активных температур достигает 3500-3600°C, количество осадков – 180-290 мм, влажность воздуха – 53-60%.

ДВОС находится на юге Приморского края. Климат в месте расположения станции носит муссонный характер, на его особенности оказывают сильное влияние Японское море и горный рельеф отрогов системы Сихоте-Алинь. Почва дерново-подзолистая, слабощелочная, корнеобитаемый слой не превышает 60 см. Сумма активных температур составляет в среднем 2227°C, количество осадков – 550-920 мм, влажность воздуха – 58-92%. Как правило, лето длится около 140 дней, начинается с конца июня. Летние месяцы характеризуются облачностью, туманами и сильными ливнями, которые приносятся циклонами, тайфунами и др. (90 % осадков выпадает летом). Влажность воздуха летом достигает 90%.

Подготовка почвы и агротехника на опытных делянках соответствовала требованиям культуры и рекомендациям для возделывания овощных пропашных культур в Астраханской области и Приморском крае. На АОС образцы выращивали по схеме 140 x 10 см, в условиях орошения. В течение вегетации проводили шесть поливов дождеванием нормой 250-300 м³. На ДВОС, ввиду высокой влажности воздуха и большого количества осадков, вигну культивировали на шпалерах по схеме 200 x 10 см. Для оценки сортов в конкурсном сортоиспытании в качестве стандарта использовали сорт Сибирский размер.

Фенологические наблюдения, ботанико-морфологические описания образцов проводили в соответствии с «Методическими указаниями по изучению коллекции зерновых бобовых культур» и «Международным классификатором видов рода *Vigna* Savi» [10, 11]. В ходе исследования анализировали наиболее значимые хозяйственно-ценные признаки: фазы вегетационного периода, длину растения, тип роста, продуктивность и урожайность зеленых бобов (лопатонок) и семян, число бобов на растении, длину и вес бобов, содержание волокна и толщину пергаментного слоя в створках бобов, длину цветоноса, число семян в бобе и на растении, массу 1000 семян, устойчивость к болезням и др. Содержание белка в семенах и бобах в фазу технической спелости определяли по методикам ВИР [12].

Результаты

По итогам исследований из коллекции ВИР были отобраны образцы – источники хозяйственно ценных признаков, устойчивые к абиотическим и биотическим факторам (вирусным болезням, повышенной температуре воздуха, засухе, почвенному засолению, избытку атмосферной влажности и осадков и др.) [13]. В результате многократных массовых и индивидуальных отборов из лучших образцов были созданы новые сорта овощного направления использования. В 2019 г. в реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, были включены 4 сорта: Астраханская красавица, Каспийская заря, Жемчужина Каспия (селекции Астраханской ОС) и Лянихи (селекции Дальневосточной ОС). В таблицах 1 и 2 представлена характеристика новых сортов и стандарта Сибирский размер по

Таблица 1. Хозяйственно-биологическая характеристика овощных сортов вигны
(Астраханская ОС филиал ВИР, Астраханская область)
Table 1. Economic and biological characteristics of vegetable varieties cowpea
(Astrakhan Breeding Station, Astrakhan region)

Признаки	Сорта			
	Астраханская красавица	Жемчужина Каспия	Каспийская заря	Сибирский размер
Урожайность бобов*, т/га	18,9-23,1	16,1-20,1	21,6-28,2	15,0-18,0
Число дней до технической спелости	49-50	50-52	46-50	47-48
Масса бобов с растения*, г	1200-1400	1180-1360	1200-1600	860-1070
Содержание белка в бобах*, % на сухое вещество	33,5	31,0	29,5	26,9
Высота растения, см	90-100	90-100	100-110	100-120
Высота прикрепления нижнего боба, см	30-32	28-31	27-32	10-12
Боб длина/ширина*, см	40/0,7	42/0,9	42,5/0,8	50,0/1,0
Окраска боба*	Зеленая	Светло-зеленая	Зеленая	Зеленая
Число семян в бобе, шт.	14-17	15-16	15-17	15-17
Масса 1000 семян, г	140,0	133,0	140,0	148,0
Содержание белка в семенах, % на сухое вещество	27,5	27,3	27,1	26,5
Урожайность семян, т/га	2,01-2,30	1,91-2,40	2,48-2,71	1,46-1,82
Число дней до полного созревания	65-67	65-68	62-65	59-63

*в стадии технической спелости



Рис. 1. Овощной сорт вигны Астраханская красавица
Fig. 1. Vegetable variety cowpea
Astrakhanskaya krasavitsa (Astrakhan beauty)



Рис. 2. Овощной сорт вигны Жемчужина Каспия
Fig. 2. Vegetable variety cowpea
Zhemchuzhina Kaspiya (Pearl of the Caspian Sea)

наиболее важным хозяйственно ценным признакам.

Сорт **Астраханская красавица** имеет компактную форму куста (рис. 1). Растения слабоветвистые, с вьющейся верхушкой, слабоопушенные, 90-100 см длиной. Листочки ромбовидные, верхние копьевидные. Цветки крупные (около 2 см), светло-фиолетовые, снаружи желто-зеленые, расположены на длинных цветоносах (до 50,0 см). Бобы находятся на поверхности растения (куста), что облегчает их поиск и сбор. Обычно на цветоносе формируется 2-3 боба. Бобы в период технической спелости 40,0 см длиной, узкие (0,7 см), зеленые, слегка изогнутые, без пергаментного слоя и волокна, с 14-17 семенами. Характеризуется высоким прикреплением нижних бобов (30-32 см). Семена почковидные, коричневые, с темными жилками, 11,0x0,6 мм. Масса 1000 семян 140,0 г. Сорт скороспелый, период от всходов до налива бобов 49-50 дней, до плодоношения – 20-25, до созревания семян – 65-67 дней. По урожайности зеленых бобов в условиях Астраханской обл. превышает стандарт в среднем на 26%, по урожайности семян – на 24%. Бобы в фазу технической спелости содержат 33,5% белка, значительно превосходят по питательной ценности сорт Сибирский размер (26,9%).

Растения сорта **Жемчужина Каспия** имеют компактную полукустовую форму (рис. 2). Стебель слабоопушенный, 90-100 см длиной. Листочки крупные, ромбовидные. Цветки крупные, светло-фиолетовые, зеленоватые. Благодаря длинным цветоносам (около 20,0 см) плоды располагаются над поверхностью растения (куста). На цветоносах формируется 2-3 боба. В период технической спелости бобы достигают 42,0 x 0,9 см, имеют светло-зеленую окраску, слегка изогнутую форму, не содержат пергаментного слоя и волокна. Обычно в бобе формируется 15-16 семян. Первые бобы завязываются на стебле на высоте 28-31 см. Семена почковидные, красновато-коричневые, с темными жилками, 11,0x0,5 мм. Масса 1000 семян – 133,0 г. Сорт скороспелый, период от всходов до налива бобов – 50-52, плодоношения – 25, до созревания семян – 65-68 дней. По продуктивности зеленых бобов и урожайности семян в условиях Астраханской обл. превышает стандарт в среднем на 24%. В бобах в фазу технической спелости содержится 31,0% белка.

Сорт **Каспийская заря** имеет компактную полукустовую форму (рис. 3). Стебель зеленый, слабоопушенный, с вьющейся верхушкой, 100-110 см длиной. Листочки ром-



Рис. 3. Овощной сорт вигны Каспийская заря
Fig. 3. Vegetable variety cowpea
Kaspiyskaya zarya (Caspian dawn)



Рис. 4. Овощной сорт вигны Лянчиhe
Fig. 4. Vegetable variety cowpea Lyanchihe

бобовидные, верхние копьевидные. Цветки крупные, светло-фиолетовые, снаружи желтовато-зеленоватые. На цветоносах (18-20 см длиной) обычно располагается 2-3 боба. В период технической спелости бобы имеют светло-зеленую окраску, слегка изогнутую форму, не содержат пергаментного слоя и волокна, размеры 42,5 см x 0,8 см. В благоприятные годы их длина достигает 75 см. Первые бобы завязываются на высоте 27-32 см, у стандарта – 10-12 см. Обычно в бобе формируется 15-18 семян. Семена почковидные, красновато-коричневые, с коричневыми жилками, 11,0 x 0,5 мм. Масса 1000 семян – 140,0 г. Сорт скороспелый, период от всходов до налива бобов 46-50 дней, плодоношения – 25 дней, до созревания семян – 62-65 дней. По продуктивности зеленых бобов в условиях Астраханской области превышает стандарт в среднем на 31%, по урожайности семян – на 27%. В бобах в фазу технической спелости содержится 29,5% белка.

Жемчужина Каспия, Астраханская красавица, Каспийская заря по урожайности зеленых бобов с гектара превосходят сорт – стандарт Сибирский размер в среднем на 9, 22 и 34%, соответственно. Все сорта селекции Астраханской опытной станции превышают стандарт по содержанию белка в семенах, имеют хорошие вкусовые качества, устойчивы к высоким температурам и воздушной засухе, нетребовательны к плодородию почвы, растрескиванию бобов и вирусной мозаике. Пригодны для возделывания в открытом грунте и теплицах, отзывчивы на высокий агротехнический фон и орошение. Бобы в технической спелости рекомендуются для использования в кулинарии, для консервирования и замора-

живания. После сбора бобов растения можно использовать в качестве сидерата для повышения плодородия почвы.

Сорт **Лянчиhe** выведен на Дальневосточной опытной станции ВИР для возделывания в условиях Приморского края. Растения отличаются компактной формой куста и дружным созреванием бобов и семян. По этим признакам Лянчиhe сильно отличается от других сортов вигны, выращиваемых в условиях муссонного климата. Специфические особенности погодных условий воздействуют на культуру вигны так, что сорта, имеющие в европейской части России кустовую форму, на Дальнем Востоке становятся лианами с индетерминантным типом роста. Сорт Лянчиhe сохраняет форму куста независимо от условий произрастания и благодаря этому имеет большие преимущества для выращивания в производственных посевах Приморья.

Стебель Лянчиhe зеленый (в междоузлиях с антоцианом), слабоопушенный, 60–70 см длиной (рис. 4, табл. 2). Листочки копьевидные, черешки с антоцианом. Цветки крупные, фиолетовые, снаружи желтовато-зеленоватые. Цветоносы с антоцианом, 18–20,0 см длиной, обычно с 2–3 бобами. В период технической спелости бобы имеют вишневую окраску, слегка изогнутую форму, не содержат пергаментного слоя и волокна, размеры 30,0 см x 0,7 см. Нижние бобы завязываются на высоте 14,5 см. В бобе формируется в среднем 18 семян. Семена почковидные, красновато-коричневые, с темными жилками, 12,0 x 0,6 мм. Масса 1000 семян 120,0 г. В условиях Приморского края сорт скороспелый, период от всходов до налива бобов – 61–70 дней, до созревания семян – 97–110 дней. По продуктивности зеле-

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая характеристика овощного сорта
вигны Лянчиhe (Дальневосточная ОС филиал ВИР, Приморский край)
Table 2. Economic and biological characteristics of vegetable varieties cowpea Lyanchihe
(Far Eastern Breeding Station, Primorsky region)

Признаки	Сорта	
	Лянчиhe	Сибирский размер
Урожайность бобов*, т/га	21,0-24,0	14,0-16,0
Число дней до технической спелости бобов	61-70	70-75
Средняя масса боба*, г	14,0-14,2	19,0-20,0
Высота растения, см	60,0	250,0
Высота прикрепления нижнего боба, см	14,5	22,5
Боб длина/ширина*, см	30,0/0,7	50,0/1,0
Окраска боба*	Вишневая	Зеленая
Число семян в бобе, шт.	18,0	20,0
Масса 1000 семян, г	120,0	150,0
Урожайность семян, т/га	2,38-2,64	1,54-1,76
Число дней до полного созревания	97-110	130-136

*в стадии технической спелости

ных бобов превышает стандарт в среднем на 33%, по урожайности семян – на 34%.

Сорт Лянчихе в условиях высокой влажности воздуха устойчив к болезням, нетребователен к плодородию почвы. Пригоден для возделывания в открытом грунте и теплицах. Бобы имеют хороший дегустационный балл, рекомендуются для овощного использования, консервирования, заморозки и др. После сбора бобов вегетативные части растения можно использовать как зеленое удобрение. Благодаря эффектной вишневой окраске плодов сорт очень привлекателен и может выращиваться как декоративная культура.

Выводы

Впервые для условий Астраханской обл. и Приморского края созданы и районированы сорта овощ-

ной вигны. По скороспелости, продуктивности семян и бобов и содержанию в них белка они значительно превосходят районированные сорта вигны Астраханская красавица, Каспийская заря, Жемчужина Каспия пригодны для возделывания в условиях открытого грунта на орошении в областях с высокой температурой и бедными, неплодородными почвами (Астраханская и Волгоградская области, Краснодарский и Ставропольский края, полуостров Крым). Лянчихе прекрасно растет в открытом грунте в условиях муссонного климата, может быть рекомендована для южных регионов Дальнего Востока (Приморского, Хабаровского краев и Амурской области). Введение новых сортов селекции ВИР в производство позволит расширить ассортимент овощных культур, выращиваемых на юге России, и повысить качество питания населения.

Об авторах:

Бурляева Марина Олеговна – кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР <https://orcid.org/0000-0002-3708-2594>

Гуркина Мария Владиславовна – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Астраханская опытная станция – филиал Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова <https://orcid.org/0000-0001-6169-6089>

Чебукин Павел Анатольевич – кандидат с.-х. наук, Дальневосточная опытная станция – филиал Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова <https://orcid.org/0000-0001-8641-5888>

Перчук Ирина Николаевна – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова <https://orcid.org/0000-0001-6568-5248>

Мирошниченко Елена Викторовна – директор станции, Астраханская опытная станция – филиал Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова <https://orcid.org/0000-0002-3171-4968>

About the authors:

Marina O. Burlyayeva – candidate of biological sciences, leading researcher of the department of genetic resources leguminous crops, Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) <https://orcid.org/0000-0002-3708-2594>

Mariya V. Gurkina – candidate of agricultural sciences, senior researcher Astrakhan Experiment Breeding Station, Branch of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources <https://orcid.org/0000-0001-6169-6089>

Pavel A. Chebukin – candidate of agricultural sciences, Far-Eastern Experiment Breeding Station, Branch of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources <https://orcid.org/0000-0001-8641-5888>

Irina N. Perchuk – candidate of biological sciences, senior researcher of the department of biochemistry and molecular biology, Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) <https://orcid.org/0000-0001-6568-5248>

Elena V. Miroshnichenko – station director, Astrakhan Experiment Breeding Station, Branch of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources <https://orcid.org/0000-0002-3171-4968>

Литература

1. FAOSTAT [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://faostat.fao.org> (Дата обращения 07.07. 2019)
2. Singh B.B. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] In: Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: Grain legumes / edited by Singh R.J., Jauhar P.P. 2005;(1):138-196.
3. Hazra P., Chattopadhyaya A., Dasgupta T. et al. Breeding Strategy for Improving Plant Type, Pod Yield and Protein Content in Vegetable Cowpea (*Vigna unguiculata*). Acta Hort. 2007; (752):275-280. (<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.752.45>)
4. Наумова Н.Б., Фотев Ю.В., Бугровская Г.А. и др. Макро и микроэлементный состав вигны, кивано, момордики и бенинказы при тепличном выращивании. Овощи России. 2014;(3):11-17.
5. Перчук И.Н., Бурляева М.О. Перспективные высокобелковые образцы спаржевой вигны различного географического происхождения из коллекции ВИР. Материалы IV Вавиловской международной конференции «Идеи Н. И. Вавилова в современном мире». СПб., 20-24 ноября 2017 г. С.232.
6. Gerrano A.S., Jansen van Rensburg W.S., Venter S.L. et al. Selection of cowpea genotypes based on grain mineral and total protein content. Acta Agriculturae Scandinavica, Section b – Soil & Plant Science. 2018. P.155–156. (<https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1520290>).
7. Gerrano A.S., Jansen van Rensburg W.S., Adebola P.O. Nutritional composition of immature pods in selected cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] genotypes in South Africa. Aust J Crop Sci. 2017;11(02):134–141. (<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.02.p72>)
8. Вакиль М.М. Биологическая ценность семян вигны. Доклады ВАСХ-НИЛ. 1992;(6):18-21.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr> (Дата обращения 07.07. 2019)
10. Вишнякова М.А., Буравцева Т.А., Булынец С.В. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Методические указания. СПб., 2010. 141 с.
11. Бурляева М.О., Гуркина М.В., Чебукин П.А. и др. Международный классификатор видов рода *Vigna* Savi. СПб.: ВИР, 2016. 90 с.
12. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
13. Бурляева М.О., Гуркина М.В., Чебукин П.А. Скрининг образцов спаржевой вигны (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) из коллекции ВИР на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам. Селекция и семеноводство овощных культур. 2014;(45):131-142.

References

1. FAOSTAT [Electronic resource] // Access mode: <http://faostat.fao.org> (Contact date 07.07. 2019)
2. Singh B.B. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] In: Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: Grain legumes. Edited by Singh R.J., Jauhar P.P. 2005;(1):138-196.
3. Hazra P., Chattopadhyaya A., Dasgupta T., Kar N., Das P.K., Som M.G. Breeding Strategy for Improving Plant Type, Pod Yield and Protein Content in Vegetable Cowpea (*Vigna unguiculata*). Acta Hort. 2007;(752):275-280. (<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.752.45>)
4. Naumova N.B., Fotev Y.V., Bugrovskaya G.A. et al. Content of macrou and microelements of vinga, kiwano, bitter melon, and wax gourd in greenhouse cultivation. Vegetable crops of Russia. 2014;(3):11-17. (In Russ.)
5. Perchuk I.N., Burlyayeva M.O. Promising high-protein asparagus bean accessions of different geographical origin from the VIR collection. Proceedings of the 4th International Vavilov Conference "N.I. Vavilov's Ideas in the Modern World." St. Petersburg, November 20-24, 2017. P. 232. (In Russ.)
6. Gerrano A.S., Jansen van Rensburg W.S., Venter S.L. et al. Selection of cowpea genotypes based on grain mineral and total protein content. Acta Agriculturae Scandinavica, Section b – Soil & Plant Science. 2018. P.155–156. (<https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1520290>).
7. Gerrano A.S., Jansen van Rensburg W.S., Adebola P.O. Nutritional composition of immature pods in selected cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] genotypes in South Africa. Aust J Crop Sci. 2017;11(02):134–141. (<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.02.p72>)
8. Vakil M.M. The biological value of the seeds of cowpea. Reports of the Academy of Agricultural Sciences. 1992;(6):18-21. (In Russ.)
9. The state register of selection achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties [Electronic resource]. Access mode: <http://reestr.gossort.com/reestr> (Contact date 07.07. 2019)
10. Vishnyakova M.A., Buravtseva T.A., Bulintsev S.V. et al. The collection of the world's genetic resources of grain legumes in VIR: replenishment, preservation and study. Methodological guidance directory. St. Petersburg: VIR, 2010. 141 p. (In Russ.)
11. Burlyayeva M.O., Gurkina M.V., Chebukin P.A. et al. International descriptors for species of the genus *Vigna* Savi. (Mezhdunarodny klassifikator vidov roda *Vigna* Savi). St. Petersburg: VIR, 2016. 90 p. (In Russ.)
12. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Jarosh N.P. et al. Methods of biochemical research in plants. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p. (In Russ.)
13. Burlyayeva M.O., Gurkina M.V., Chebukin P.A. Screening of long-podded cowpea (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) samples from VIR collection for resistance to biotic and abiotic stressors. Selection and seed production of vegetable crops. 2014;(45):131-142. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-38-41>
УДК 635.64:631.526.32

Кузьмицкая Г.А.

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение
«Дальневосточный научно-исследовательский
институт сельского хозяйства»
680521, Россия, Хабаровский край, Хабаровский
р-он, с. Восточное, ул. Клубная, 13.
E-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кузьмицкая Г.А.
Галант – новый сорт томата для
дальневосточников. Овощи России. 2019;(5):38-41.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-38-41>

Поступила в редакцию: 02.07.2019

Принята к печати: 23.09.2019

Опубликована: 25.10.2019

Galina A. Kuzmitskaya

Federal State Budgetary Scientific Institution
«Far Eastern Research Institute of Agriculture»
13, Klubnaya St., v. Vostochnoe, Khabarovsk terri-
tory, Khabarovsk region, Russia, 680521
E-mail: galina-kuzmitskaya@mail.ru

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

For citation: Kuzmitskaya G.A. Galant – new sort
of tomato for the Far East. Vegetable crops of
Russia. 2019;(5):38-41 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-38-41>

Received: 02.07.2019

Accepted for publication: 23.09.2019

Accepted: 25.10.2019

Галант – новый сорт томата для дальневосточников



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Томат – одна из самых распространенных овощных культур в Хабаровском крае. Наличие благоприятных погодных условий в регионе, высокая экологическая пластичность сортов томата способствуют выращиванию их повсеместно и на достаточно больших площадях в открытом и защищенном грунте. Основной причиной неурожая или больших потерь томата на Дальнем Востоке является сложный, непредсказуемый, не встречающийся более нигде на территории России, муссонный климат, вызывающий сильное переувлажнение почвы, наблюдающееся у нас практически ежегодно в июле-августе, как раз в период формирования основного урожая томатов. Такие погодные условия способствуют развитию основных болезней пасленовых культур, причем часто проявляются наиболее агрессивные их расы. По причине этого основными лимитирующими факторами выращивания томатов в Хабаровском крае являются высокий естественный инфекционный фон и резко-переменный гидротермический режим.

Методика. Работа по созданию нового сорта с заданными параметрами была начата в 2007 году путем проведения межсортных скрещиваний между сортами Волгоградский 5/95 и Заря Востока с последующими многократными отборами на естественном инфекционном фоне. Раннеспелый сорт Заря Востока – сорт местной селекции, использовался в селекционном процессе в качестве донора скороспелости, а Волгоградский 5/95 – штамбового типа растения. Основным методом селекционной работы по созданию новых сортов томата был аналитический с непрерывным отбором. Все необходимые фенологические, биометрические и фитопатологические наблюдения и учеты выполнены по общепринятым по данной культуре методикам. Целью наших исследований являлось создание нового штамбового сорта томата с коротким периодом вегетации, формирующим урожай до появления и распространения заболеваний и высоким продуктивным потенциалом.

Результаты. В статье представлена информация о новом местном сорте томата Галант, полученном в результате межсортной гибридизации между штамбовым сортом Волгоградский 5/95 и местным раннеспелым сортом Заря Востока. Сорт выделен в результате многолетних отборов на естественном инфекционном фоне с оценкой по потомству перспективных линий по комплексу морфо-биологических и хозяйственно ценных признаков в условиях муссонного климата Приамурья. Новый сорт отличается от местных и других сортов различного эколого-географического происхождения по скороспелости, высокой продуктивности, устойчивости к основным болезням и штамбовым типом растения.

Ключевые слова: томат, сорт, скороспелость, урожайность, открытый грунт, Хабаровский край, масса плода.

Galant – new sort of tomato for the Far East

ABSTRACT

Relevance. Tomato is one of the most spreaded vegetable cultures in Khabarovsk Territory. Presence of the favourable weather conditions in the region, high ecological plasticity of tomato sorts promote the tomato cultivation in open and protected ground everywhere and in large areas. The main cause of crop failure or large losses of tomatoes in the Far East is a complex, unpredictable, not meeting anywhere else in Russia the monsoon climate causing a strong waterlogging observed almost every year in July-August, the period of the main tomato harvest forming. Such weather conditions promote the development of main diseases of the solanaceous cultures, and their most aggressive races often appear. Therefore a high natural infectious background and a sharply variable hydrothermal regime are the main limiting factors in the cultivation of tomatoes in the Khabarovsk Territory.

Methods. Work on the creation of a new variety with the given parameters was started in 2007 by conducting intervarietal crossings between Volgogradsky 5/95 and Zarya Vostoka varieties, followed by multiple selections against a natural infectious background. The early ripening variety of Zarya Vostoka is a local selection variety, was used in the breeding process as an early maturity donor, and Volgogradsky 5/95, a stem type of plant. The main method of breeding work to create new varieties of tomato was analytical with continuous selection. All the necessary phenological, biometric and phytopathological observations and counts according to methods generally accepted in this culture. The purpose of our research was to create a new strain tomato variety with a short period of vegetation, forming the harvest of fruit before the appearance and spread of the disease and high productive potential.

Results. This publication presents the information about the new local tomato sort Galant. This sort was received by inter-sort hybridization between the stem sort Volgogradsky 5/95 and local early ripening sort Zarya Vostoka. The sort was selected as a result long-term selection on the natural infectious background with the assessment by progeny of promising lines for a complex of morpho-biological and economically valuable traits in monsoon climate conditions of Priamurye. The new sort is different from other studied non-district and local sorts by fast-ripeness, high productivity, resistance to main diseases and also by stem type of plant.

Keywords: tomato, sort, fast-ripeness, productivity, open ground, Khabarovsk Territory, fruit weight.

Введение

Повсеместное нарастание экологической и социальной нагрузки на человека требует полноценного его питания, а овощи выступают как богатейший источник природных антиоксидантов, биологически активных веществ, незаменимых аминокислот и минеральных элементов. За последние 2 года россияне стали выделять на свежие овощи и зелень большую часть своего бюджета, чем 10–15 лет тому назад [1]. Климатические условия Среднего Приамурья позволяют выращивать большой набор овощных культур, в т.ч. и томата, в открытом грунте. Основным лимитирующим фактором их возделывания в Хабаровском крае является высокий естественный инфекционный фон. Основная причина – муссонный климат, вызывающий сильное переувлажнение почвы, наблюдающееся у нас практически ежегодно в июле-августе. Это период формирования основного урожая овощей. Такие погодные условия способствуют развитию основных болезней пасленовых (фитофтороз, септориоз, альтернариоз) культур [2]. Существенные потери урожая томата в Приамурье в последние годы вызывает альтернариоз (*Alternaria solani* Sor.). Сильное и раннее поражение культуры наблюдается при высоких дневных температурах воздуха (25°C и выше) и пониженных – ночью, что особенно характерно для климата региона. Высокие дневные температуры приводят к ослаблению растений, а пониженные ночные температуры, обильные росы и дожди благоприятны для возбудителя болезни и способствуют быстрому развитию патогена и сильному поражению растений, что приводит к снижению урожая на 30 % и более [3]. Очень распространенным заболеванием томата в Приамурье является фитофтороз пасленовых. Болезнь проявляется в годы с избыточным увлажнением и пониженными температурами в августе – сентябре, что как раз характерно для дальневосточного климата [4]. Примечательно, что в последние годы

данное заболевание стало менее распространенным и проявляет себя в конце вегетационного периода, не причиняя существенного вреда растениям томата.

В мировой практике нет полностью устойчивых сортов к болезням. Создание болезнеустойчивых сортов и гибридов осложняется необходимостью сочетания в одном сорте устойчивости к болезням с высокими показателями других признаков – урожайности, биологической ценности плодов и т.д. [5]. На сегодняшний день усилия селекционеров сконцентрированы на создании новых сортов и гибридов, приспособленных к почвенно-климатическим условиям зон возделывания, устойчивых к наиболее вредоносным болезням, со способностью к длительному хранению продукции и переработке, для промышленных технологий и огородничества [6].

Многолетние наблюдения доказали, что сорта, созданные местными селекционерами, адаптированные к абиотическим и биотическим стрессорам региона, в гораздо меньшей степени подвержены их воздействиям. В связи с этим основные усилия дальневосточных селекционеров направлены на создание высокопродуктивных сортов и гибридов томата, наиболее полно реализующих природные и климатические условия региона, с повышенной устойчивостью к наиболее вредоносным болезням и стрессовым факторам среды.

Целью наших исследований являлось создание нового штамбового сорта томата с коротким периодом вегетации, формирующим урожай до появления и распространения основных заболеваний и высоким продуктивным потенциалом.

Признак штамбовости томатов является рецессивным и считается, что у гибридов от скрещивания штамбовых сортов с растениями, обладающими обыкновенным типом куста, он не проявляется [7]. Тем не менее, нами были выделены гибридные линии F₄ со штамбовым габитусом растений.

Таблица 1. Характеристика томата сорта Галант
Table 1. Characteristics of tomato varieties Galant

Группа спелости	Среднеспелый
Период от полных всходов до начала созревания, дни	105-110
Масса плода, г	до 100 г
Форма плода	Округлые ровные
Окраска, плотность мякоти	Красные, плотные
Сухое вещество, %	5,2-5,5
Сумма сахаров, %	3,6-3,9
Витамин С, мг/%	26,2-29,6
Устойчивость к болезням	Вершинная гниль
Вкусовые качества плода, балл	5
Общая кислотность, %	0,48-0,52

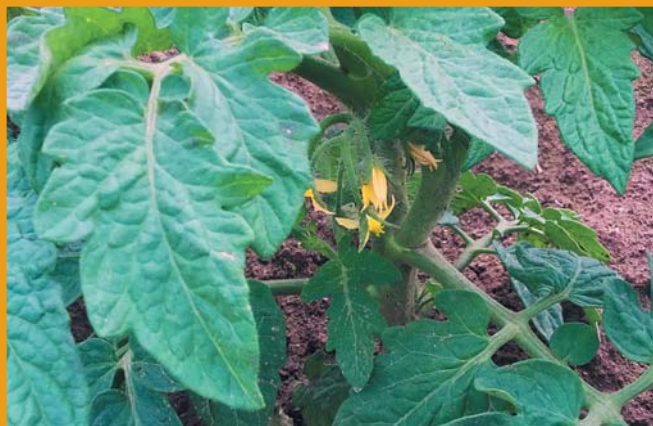
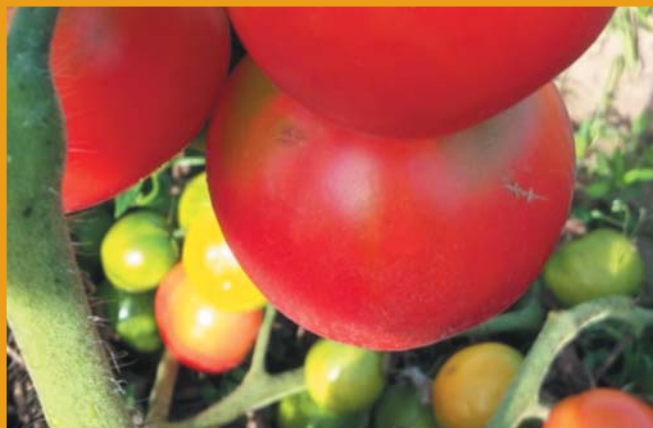


Рис. 1. Штамбовое растение сорта Галант в фазу цветения
Fig. 1. Stem plant of the variety Galant in the flowering phase



Рис. 2. Растение сорта Галант
Fig. 2. Plant of the variety Galant



А



Б

Рис. 3 (А, Б). Плоды нового сорта
Fig. 3 (А, В). Fruits of a new variety

Методика исследований

Работа по созданию нового сорта с заданными параметрами была начата в 2007 году путем проведения межсортовых скрещиваний между сортами Волгоградский 5/95 и Заря Востока с последующими многократными отборами на естественном инфекционном фоне. Раннеспелый сорт Заря Востока – сорт местной селекции, использовали в селекционном процессе в качестве донора скороспелости, а Волгоградский 5/95 – штамбового типа растения. Основным методом селекционной работы по созданию новых сортов томата был аналитический с непрерывным отбором.

При проведении научно-исследовательской работы ежегодно вели фенологические и фитопатологические наблюдения и учеты по общепринятым по данной культуре методикам [8, 9, 10]. Учет урожая проводили весовым методом с разбором по фракциям по мере созревания плодов. Оценка поражения томатов болезнями проводилась по 5-бальной шкале от 0 до 4. Семена для получения рассады ежегодно высевались 24-26 апреля в пленочную неотапливаемую теплицу кассетным методом. Высадка рассады в открытый грунт осуществлялась в первой декаде июня.

Агротехника выращивания томата – общепринятая по Хабаровскому краю.

Результаты исследований

Результатом длительной селекционной работы с индивидуальным и последующими массовыми отборами и всесторонней оценкой селекционных линий F_4 - F_{10} по комплексу основных морфо-биологических, хозяйственно ценных признаков и уровню адаптации к почвенно-климатическим факторам Дальневосточного региона стало получение нового среднеспелого сорта томата Галант. В сравнении с сортом-стандартом Хабаровский розовый 308 новый сорт превысил его по основным хозяйственно ценным показателям.

Галант – среднеспелый сорт. Вегетационный период составляет в среднем 105-110 дней. Растение штамбового индетерминантного типа (рис. 1-2). Плоды округлые, красные, ровные, плотные, среднего размера, массой 90-100 г, высоких вкусовых качеств (рис. 3 А, Б). Наиболее ценные качества сорта – высокая продуктивность, штамбовый тип куста, устойчивость к вершинной гнили плодов, дружная отдача урожая. Плоды обладают высокой устойчивостью к растрескиванию и характеризуются хорошей транспортабельностью. Выделенный сорт обладает средней устойчивостью к септориозу и альтернариозу даже в условиях эпифитотийного развития данных патогенов.

По биохимическим показателям новый сорт значительно превосходит все местные сорта, в т.ч. и стандартный сорт Хабаровский розовый 308 (таблица 1).

Урожайность у сорта Галант в среднем за 2016-2017 годы составил: общий – 465 ц/га, товарный – 401,3 ц/га, что оказалось выше, чем у стандартного сорта Хабаровский розовый 308 на 11,5 и 17,1% соответственно. Товарность плодов составила 86,3%. Урожайность ранней продукции отмечена на уровне 2,2 кг/м² (22 т/га). Урожайность товарных плодов нового сорта превысила данный показатель у материнской формы (Заря Востока), однако оказалась незначительно ниже, чем у другой родительской формы – сорта

Таблица 2. Показатели хозяйственно ценных и биологических признаков у нового сорта Галант в сравнении с родительскими формами и стандартом (2016-2017 годы)
Table 2. Indicators of economically valuable and biological characteristics in the new variety Galant in comparison with parental forms and standard (2016-2017)

Сорт	Урожайность			Продолжительность вегетационного периода, дней	Поражение болезнями, балл	
	общая, т/га	прибавка к стандарту, т/га	товарная, %		альтернариоз	фитофтороз
Хабаровский розовый 308	41,7	-	73,5	104-107	2	2
Заря Востока	44,9	3,2	78,2	102-105	3	2
Галант	46,5	4,8	86,3	105-110	2	2
Волгоградский 5/95	43,5	1,8	86,5	107-112	2	1

Волгоградский 5/95. Поражение болезнями отмечалось на уровне стандартного сорта Хабаровский розовый 308 (табл. 2).

Сорт рекомендуется для приусадебного и дачного использования для выращивания в открытом грунте и временных пленочных укрытиях. Плоды предназна\тойчи-

востью к засухе и высоким положительным температурам. Среднеустойчив к переувлажнению, холоду и повышенной кислотности почвы.

Сорт Галант успешно прошел Государственное сортоиспытание и был внесен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2018 года.

Об авторе:

Кузьмицкая Галина Антониовна – канд. с.-х. наук, вед. научн. сотр. отдела овощеводства и картофеля

About the author:

Galina A. Kuzmitskaya – Cand. Sci. (Agriculture)

● Литература

1. Литвинов С.С., Лудилов В.А. Современное состояние овощеводства России. Сб. науч.тр. по овощеводству и бахчеводству к 75-летию ВНИИО. М., 2006;(1):17-24.
2. Кузьмицкая Г.А. Томат Клад для Дальнего Востока. Картофель и овощи, 2017;(8):36-37.
3. Золоторева Е.В., Кузьмицкая Г.А., Тишкова А.Г., Агеева О.Ю. Новое заболевание томатов в Приамурье. Защита и карантин растений. 2017;(7):21-22.
4. Гнудова Р.В., Золоторева Е.В. Болезни овощных культур и картофеля на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2011. 169 с.
5. Налобова В.Л. Анализ сортообразцов овощных культур на пораженность грибами, бактериальными и вирусными болезнями. Селекция и семеноводство овощных культур, 2015;(46):429-436.
6. Пивоваров В.Ф. Овощи России. М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. 384 с.
7. Авдеев Ю.И., Авдеев А.Ю., Кигампаева О.П., Катакаев Н.Х. Селекция штамбовых сортов и изучение генетических особенностей признака типа растения. Астраханский вестник экологического образования. 2013;(3):161-169.
8. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: Агропромиздат, 1992. 319 с.
9. Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Н., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодородстве, овощеводстве и виноградарстве. М.: Колос, 1994. 383 с.
10. Руководство по проведению обследований сельскохозяйственных культур в Хабаровском крае и информационному обеспечению прогнозов распространения и развития их вредителей, болезней, сорняков. Хабаровск, 2000. 72 с.

● References

1. Litvinov S. S., Ludilov V. A. Modern state of vegetable growing of Russia /collection of scientific works on vegetable and melon growing to the 75th anniversary of VNIIO. M., 2006;(1):17-24. (In Russ.)
2. Kuzmitskaya G. A., Ageeva O. Yu. Klad is the tomato for the Far East. Potatoes and vegetables. 2017;(8):36-37. (In Russ.)
3. Zolotareva E. V., Kuzmitskaya G. A., Tishkova A. G., Ageeva O. Yu. A new disease of tomatoes in the Amur region. Protection and quarantine of plants. 2017;(7):21-22. (In Russ.)
4. Gnutova R. V., Zolotareva E. V. Diseases of vegetable crops and potatoes in the far East of Russia. Vladivostok: Dalnauka, 2011. 169 p. (In Russ.)
5. Nalobova V. L. Analysis of vegetable varieties for fungi infection, bacterial and viral diseases. Selection and seed production of vegetable crops. 2015;(46):429-436. (In Russ.)
6. Pivovarov V. F. Vegetables of Russia. M.: GNU VNIISOK, 2006. 384 p. (In Russ.)
7. Avdeev Yu. I., Avdeev A. Yu., Kigampaeva O. P., Katakaev N. X. Breeding of standard varieties and the study of the genetic characteristics of the basis of the type of plants. Astrakhan Bulletin of ecological education. 2013;(3):161-169. (In Russ.)
8. Belik V. F. Methodology of experimental work in vegetable growing - M.: Agropromizdat, 1992. 319 p. (In Russ.)
9. Moiseichenko V. F., Zaveryukha A. N., Trifonova M. F. Bases of scientific researches in fruit growing, vegetable growing and viticulture. M.: Kolos, 1994. 383 p. (In Russ.)
10. Guidelines for conducting surveys of crops in the Khabarovsk territory and information support of forecasts of the spread and development of their pests, diseases, weeds. Khabarovsk, 2000. 72 p. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-42-45>
УДК 635.611:631.526.32

Байбакова Н.Г.,
Варивода Е.А.,
Колебошина Т.Г.

Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр овощеводства" 404067, Россия, Волгоградская обл., Быковский район, п. Зелёный, ул. Сиреневая, д. 11
E-mail: BBSOS34@yandex.ru
BBSOS.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Байбакова Н.Г., Варивода Е.А., Колебошина Т.Г. Характеристика нового сортообразца дыни селекции Быковской опытной станции. Овощи России. 2019;(5):42-45.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-42-45>

Поступила в редакцию: 20.03.2019
Принята к печати: 20.06.2019
Опубликована: 25.10.2019

Nina G. Baibakova,
Elena A. Varivoda,
Tatyana G. Kobileshina

Bikovskaya cucurbits breeding experimental station – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" 11, Sirenevaya str., p. Zeleny, Bykovsky district, Volgograd region, Russia, 404067
E-mail: BBSOS34@yandex.ru
BBSOS.ru

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

For citation: Baibakova N.G., Varivoda E.A., Kobileshina T.G. Characteristics of new population of melon breeding Bikovskaya experimental station. Vegetable crops of Russia. 2019;(5):42-45 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-42-45>

Received: 20.03.2019
Accepted for publication: 20.06.2019
Accepted: 25.10.2019

Характеристика нового сортообразца дыни селекции Быковской опытной станции



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Дыня – одна из самых распространённых культур среди бахчевых. На Быковской бахчевой селекционной опытной станции ведётся селекционная работа по выведению новых сортов дыни. При селекции дыни необходимо уделять внимание таким хозяйственным признакам дыни, как скороспелость, продуктивность, высокое качество продукции, устойчивость к болезням, холодостойкость.

Методика. Исследования проводили в 2017-2018 годах на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в богарных условиях. Объект исследования – сорта и гибридные популяции дыни.

Результаты. В результате селекционной работы получен новый сортообразец дыни Сингента х Дюна. В 2017 году этот сортообразец впервые включен в станционное сортоиспытание. По результатам исследований новый сортообразец созревает раньше стандарта сорта Осень на 6 суток. Превышение по урожайности над стандартом составляет 6,6 т/га. По вкусовым качествам новый сортообразец находится на уровне стандарта сорта Осень. Таким образом, сортообразец Сингента х Дюна отличается красивым внешним видом, высоким выходом товарной продукции, хорошими вкусовыми качествами плодов, устойчивостью к солнечным ожогам, высокой транспортабельностью, что позволит разнообразить сортимент сортов дыни выращиваемых в РФ.

Ключевые слова: дыня, сорта, сортообразец, урожайность, сортоиспытание

Characteristics of new population of melon breeding Bikovskaya experimental station

ABSTRACT

Relevance. Melon is one of the most common cultures among melons. Bykovskaya for melon breeding research station scouting for new varieties of melon. When breeding melons, it is necessary to pay attention to such economic characteristics of melons as precocity, productivity, high quality products, resistance to disease, cold resistance.

Methods. Studies were carried out in 2017-2018 at the Bikovskaya experimental station, in rainfed conditions. Object of study – varieties and hybrid populations of melon.

Results. As a result of selection work the new variety sample of melon of Syngent x Dune is received. In 2017, this population was first included in the station variety testing. According to the research results, the new hybrid population Matures before The standard of the autumn variety for 6 days. The excess in yield over the standard is 6.6 t / ha. The taste of the new variety sample is at the level of standard varieties Osen. Thus, the variety sample of Syngent x Dune has a beautiful appearance, high yield of marketable products, good taste of the fruit, resistance to sunburn, good transportability, which will diversify the range of melon varieties grown in Russia.

Keywords: melon, varieties, variety sample, yield, strain testing.

Введение

Дыня (*Cucumis melo* L.) – однолетняя бахчевая культура из семейства тыквенных, занимает одно из ведущих мест по вкусовым качествам плодов и содержанию сахаров, обладает ценными лекарственными свойствами. Её выращивают более чем в 40 странах мира, преимущественно в Юго-Западной Азии, южных странах Европы, юго-западных штатах Северной Америки, а также в Индии, Китае и Японии. В Европу дыня была завезена в середине прошлого века. Сейчас эту южную культуру выращивают во всём мире, причём, благодаря интенсивной работе селекционеров постоянно выводятся новые сорта. Мировое производство плодов дыни составляет около 9 млн т. при средней урожайности 14,2 т/га. Китай занимает первое место по валовому сбору (2,4 млн т). Иран, Египет и Румыния производят по 0,45 млн т в год, а излишки экспортируют в Западную Европу. В странах Средней Азии, входивших в состав бывшего СССР, ежегодное производство дыни составляет около 0,5 млн т, в США – 0,8 млн т. Ведущими странами по селекции дыни являются Россия, Украина, Голландия, США, Япония, Франция, Узбекистан, Молдова, Болгария и др.

Дыня ценится за сочные, сладкие, ароматные плоды, отличается высоким содержанием сахаров (до 13,0%) и особенно сахарозы (5,9%), содержит витамин А и В₁. Её по праву любят за тонкий вкус и диетические свойства. Благодаря наличию особых ферментов дыня является лечебным средством при болезнях почек, печени, желчного пузыря, при малокровии, сердечно – сосудистых заболеваниях, атеросклерозе. Отвар мякоти дыни употребляют для удаления на лице пигментированных пятен, веснушек и угрей. Дыня крайне полезна стареющему организму, обладает успокаивающим эффектом. В косметике мякоть дыни применяют в качестве масок для очищения и отбеливания кожи.

Польза дыни полностью зависит от её химического состава. На 90% состоящая из воды, она содержит большое количество витаминов (Е, РР, А, В₁, В₂, В₅, В₉, бета-каротин, аскорбиновая кислота), макроэлементов (кальций, марганец, натрий, калий, фосфор, сера, хлор), микроэлементов (железо, кремний, цинк, йод, медь, фтор, кобальт), моно- и дисахариды, органические кислоты, ненасыщенные и насыщенные жирные кислоты, пищевые волокна. Это кладёз витаминов и полезных элементов. Имея такой состав, дыня является незаменимым продуктом в питании человека. Все эти элементы благотворно влияют на многие органы человека. Они усиливают иммунитет, укрепляют нервную систему, нормализуют пищеварение, работу кровеносной и сердечно-сосудистой систем, улучшают состояние волос, очищают организм от шлаков, делают кожу бархатистой и нежной, а тело упругим и здоровым.

Дыня занимает достойное место в товарном бахчеводстве, обладая уникальными хозяйственно полезными качествами. Сорта дыни имеют большие различия в консистенции мякоти, от нежной маслянистой до сочной хрустящей, отличаются по окраске мякоти от белой до оранжевой и форме плода от круглой до торпедовидной [1].

Быковские дыни отличаются высокими вкусовыми качествами и большим разнообразием сортов. Урожай этой теплолюбивой культуры поступает на рынки во второй половине июля. При наличии значительных ресурсов тепла в условиях Волгоградского Заволжья, лимитирующим фактором является атмосферное увлажнение. Осадки периода вегетации носят определяющий характер для роста и развития сельскохозяйственных культур [2]. Несмотря на большое разнообразие сортов целесообразно обновление сортимента, особенно если эти



Сингента х Дюна



сорта обладают ценными хозяйственными и адаптивно значимыми признаками.

Основным направлением селекционной работы на Быковской бахчёвой опытной станции является создание сортов и гибридов, удовлетворяющих требованиям, прежде всего, производителей южных регионов страны, ибо хороший сорт получается при такой комплектации генов, которая обеспечивает удачное сочетание генотипа с окружающей средой [3].

Создание высокоурожайных сортов и гибридов дыни было и остаётся одним из главных направлений селекции. Новые сорта должны превосходить уже имеющиеся по урожайности, отличаться комплексной устойчивостью к наиболее вредоносным в данной зоне болезням, давать плоды с повышенным содержанием питательных веществ, улучшенной консистенцией мякоти, с высокой товарностью и лёжкостью.

Перед селекционерами ставится задача создания отечественных сортов и гибридов бахчевых культур, отличающихся высокими вкусовыми, пищевыми и технологическими качествами, устойчивостью к био- и абиотическим факторам среды, с высоким потенциалом продуктивности. Важнейшие проблемы и направления селекции бахчевых культур – это устойчивость к болезням и вредителям, скороспелость и урожайность, холодостойкость и качество продукции [4].

Урожайность – сложный признак, поскольку она зависит от многих факторов, длины вегетационного периода, габитуса растений, устойчивости к болезням и вредителям, выносливости к неблагоприятным абиотическим факторам окружающей среды. В основе урожайности лежит продуктивность растения, складываемая которой – число и средняя масса плода. Выведение скороспелых сортов бахчевых культур важно для всех районов бахчеводства, но особенно актуально для северных областей зоны бахчеводства и для теплиц умеренной зоны. Создание скороспелого сорта – цель не просто получения ранней продукции, но и продукции хорошего качества, что требует сочетания раннеспелости с высоким содержанием сахаров в плоде. Высокие вкусовые качества плодов дыни очень тесно коррелируют с содержанием в них растворимых сухих веществ, в особенности сахаров. Толщина мякоти также является важным показателем качества плодов дыни. Плоды с толстой мякотью более привлекательны для потребителя. Этот признак имеет существенное значение для потребителей продукции, так как положительно коррелирует с выходом съедобной части плодов дыни.

Успех селекционной работы во многом зависит от правильного подбора исходного материала для скрещивания. Нами создана перспективная гибридная комбинация,

которая позволит расширить сортимент дыни. Для товарного производства будет представлять несомненный интерес.

Материал и методы

Исследования проводили в 2017-2018 годах на Быковской бахчёвой селекционной опытной станции в богарных условиях. Объект исследования – сорта и гибридные популяции дыни. В питомнике конкурсного испытания изучали 9 образцов дыни селекции нашей станции.

Посев проводили в начале мая ручным способом под мотыгу по 40 растений на делянке. Повторность 4-х кратная. Площадь учётной делянки 80 м². За стандарт взят сорт дыни среднего срока созревания Осень. Предшественник – пар чёрный.

Испытание проводили в сравнении с лучшими районированными сортами и гибридами по основным хозяйственно ценным признакам: урожайность, качество плодов. Во время вегетации проводили фенологические наблюдения по фазам роста и развития, во время созревания – полевой и органолептический анализы плодов, оценку по морфологическим признакам, качественным показателям и учёт урожая. Исследования проводили согласно существующим методикам [5,6,7,8]. Агротехника общепринятая для выращивания бахчевых культур.

Уборку урожая проводили по мере созревания плодов. Урожай учитывали путём взвешивания с разделением на фракции: крупные, средние, мелкие, а также на стандартную и нестандартную продукцию. Данные по урожайности обрабатывали методом дисперсионного анализа. Качественные показатели определяли в агрохимлаборатории станции.

Результаты

В 2017 году впервые в станционное сортоиспытание был включен сортообразец Сингента х Дюна. Сортообразец был получен в результате гибридизации образца Сингента, выделившегося в коллекционном питомнике, и сорта местной селекции Дюна с последующим индивидуальным и семейным отбором.

Образец Сингента – образец среднего срока созревания. Плоды шаровидной формы. Окраска плода – жёлтая, без рисунка. Поверхность плода – слабосегментированная. Сетка сплошная. Средняя масса плода – 1,0 кг. Мякоть зеленоватая, картофельная. Содержание сухого вещества в соке плода – 12,0-14,0%. Плаценты открытые. Семена жёлтые.

Дюна – раннеспелый сорт. Вегетационный период – 58-65 дней. Плод имеет красивую форму, густую частую сетку, обладает большим выходом товарной продукции

Таблица 1. Результаты сортоиспытания перспективных сортов и гибридных популяций дыни (среднее 2017-2018 годы)
Table 1. Results of variety testing of promising melon varieties and hybrids (2017-2018)

№ п/п	Наименование питомников	Вегетационный период, сут.	Урожайность, т/га	Средняя масса плодов, кг
1	Осень – стандарт	81	11,3	2,5
2	Сингента х Дюна	75	17,9	3,2
3	Гармония	79	12,9	2,4
4	Идиллия	79	15,2	2,3
5	Комета	67	12,3	1,8
				HCP ₀₅ – 0,48 т/га

Таблица 2. Биохимический состав плодов дыни в станционном сортоиспытании (среднее 2017-2018 годы)
Table 2. The biochemical composition of the fruit of the melon plant variety trials (2017-2018)

№ п/п	Наименование питомников	Витамин С, мг/%	Нитраты, мг/кг	Кислотность, %	Сухое вещество, %	Моносахара, %	Общий сахар, %	Сахароза, %
1	Осень - стандарт	35,29	38,3	0,167	15,8	3,44	12,13	8,31
2	Сингента х Дюна	33,97	52,9	0,167	14,6	3,00	11,06	7,66
3	Гармония	30,06	32,6	0,167	14,4	3,12	11,44	7,90
4	Идиллия	45,02	49,3	0,134	13,4	2,44	10,75	7,89
5	Комета	30,06	33,4	0,201	13,2	2,04	10,19	7,74

хорошего качества. Масса плода – от 2,0 до 4,0 кг. Сухого вещества в соке плода – до 14,0%. Урожайность – до 20,0 т/га. Сорт жаростойкий. Плоды не запекаются и не растрескиваются. Сорт хорошо транспортируется на дальние расстояния.

Сортообразец Сингента х Дюна – среднеспелого срока созревания. Вегетационный период – 75-80 суток. Плоды имеют округлую форму. Окраска коры жёлтая. Мякоть белая, консистенция среднеплотная. Средняя масса плодов – 2,5-3,2 кг. Содержание сухого вещества в соке плодов – 14,6-18,0%. Урожайность – 18,0 т/га. Отличительная особенность: красивый внешний вид, высокий выход товарной продукции, хорошие вкусовые качества, плоды не подвергаются солнечным ожогам, транспортабельный.

По результатам двухлетнего испытания (табл. 1) установлено, что сортообразец Сингента х Дюна имеет период вегетации на 6 дней меньше контрольного сорта Осень. По урожайности сортообразец Сингента х Дюна превосходит сорт стандарт – на 58,9%, сорт Идиллия – на 34,0%. Сортообразец Сингента х Дюна обладает большей средней массой плода по сравнению с другими исследуемыми образцами, что оказывает влияние в целом и на урожайность.

По содержанию сухого вещества ни один сорт не пре-

высил стандарт. Содержание нитратов во всех изучаемых вариантах было в пределах ПДК (90 мг/кг) (табл.2).

Выводы

В результате проведённых в течение двух лет исследований нами выделен новый сортообразец дыни Сингента х Дюна, обладающий красивым внешним видом, высоким выходом товарной продукции, урожайностью до 18,0 т/га. Отличительной особенностью данного сортообразца является маленькая семенная камера, что положительно сказывается на потребительских свойствах.

Новый сортообразец дыни Сингента х Дюна обладает хорошими хозяйственно ценными признаками: содержание сухого вещества – 14,6-18,0%, общего сахара – до 11,06%. Плоды не подвергаются солнечным ожогам, имеет хорошую транспортабельность.

Этот сортообразец дыни представляет большой интерес для товарного производства. Внедрение его в производство позволит увеличить сортимент среднеспелых сортов дыни, повысить уровень прибыли и увеличить рентабельность.

Об авторах:

Байбакова Нина Генриховна – старший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-06407-2631>

Варивода Елена Александровна – старший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>

Колёбошина Татьяна Геннадьевна – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0003-1700-3446>

About the authors:

Nina G. Baibakova – senior researcher
<https://orcid.org/0000-0002-06407-2631>

Elena A. Varivoda – senior researcher
<https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>

Tatyana G. Kaleboshina – doctor of agricultural Sciences, leading researcher
<https://orcid.org/0000-0003-1700-3446>

Литература

1. Малуева С.В., Емельянова Л.В., Никулина Т.М. Новинки селекции бахчевых культур. Картофель и овощи. 2015;7:35-36.
2. Колёбошина Т.Г., Белов С.И., Вербицкая Л.Н. Рост и развитие растений дыни в зависимости от условий выращивания. Овощи России. 2019;(1):56-59. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-56-59>
3. Курнина Д.П., Емельянова Л.В., Корнилова М.С. Основные результаты селекции дыни Волгоградской области. Таврический вестник аграрной науки. 2016;4(8):46-53.
4. Быковский Ю.А., Варивода Е.А., Малуева С.В., Никулина Т.М. Селекция бахчевых культур для юго-востока России. Картофель и овощи. 2017;(6):37.
5. Белик В.Ф., Бондаренко Г.Л. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 1979. 210 с.
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М. Россельхозакадемия. 2011. 125 с.
7. Лизгунова Т.В., Квасников Б.В. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов овощных культур. Л.: ВИР, 1974.
8. Фурса Т.Б. Селекция бахчевых культур. Методические указания. Л., 1988. 78 с.

References

1. Malueva S.V., Emel'yanova L.V., Nikulina T.M. New selection of melons. Kartoffel' i ovoshchi. 2015;(7):35-36. (In Russ.)
2. Kaleboshina T.G., Belov S.I., Verbickaya L.N. The growth and development of melon plants depending on growing conditions. Vegetable crops of Russia. 2019;(1):56-59. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-56-59>
3. Kurunina D.P., Emeliyanova L.V., Kornilova M.S. The main results of the breeding of melon Volgograd region. Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016;4(8):46-53. (In Russ.)
4. Bykovskij Yu.A., Varivoda E.A., Malueva S.V., Nikulina T.M. Selection of melons for the South-East of Russia. Kartoffel' i ovoshchi. 2017;(6):37. (In Russ.)
5. Belik V.F., Bondarenko G.L. Methods of field experience in vegetable growing. M., 1979. 210 p. (In Russ.)
6. Litvinov, S.S. The technique of the sexual experience in horticulture. Methods of field experience in vegetable growing. M: Rossel'hozakademiya. 2011. P.648. (In Russ.)
7. Fursa T.B. Selection of melons. Methodical instructions. L., 1988. 78 p. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-46-51>
УДК 635.342:631.674.1 (470.67)

Хасаева З.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова» 367032, Россия, Северо-Кавказский федеральный округ, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомеда Гаджиева, 180
E-mail: daggau@list.ru

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Хасаева З.М. Урожайность капусты белокочанной в зависимости от поливного режима в предгорной подпровинции Дагестана. Овощи России. 2019;(5):46-51.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-46-51>

Поступила в редакцию: 03.09.2019

Принята к печати: 15.10.2019

Опубликована: 25.10.2019

Zarema M. Hasayeva

Federal state budgetary educational institution "Dagestan state agrarian university named after M.M. Dzhambulatov" 180, st. Magomed Gadzhiev, Makhachkala, North Caucasus Federal district, Republic of Dagestan, Russia, 367032
E-mail: daggau@list.ru

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

For citation: Hasayeva Z.M. Yield of cabbage depending on the irrigation regime in the foothill subprovince of Dagestan. Vegetable crops of Russia. 2019;(5):46-51 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-46-51>

Received: 03.09.2019

Accepted for publication: 15.10.2019

Accepted: 25.10.2019

Урожайность капусты белокочанной в зависимости от поливного режима в предгорной подпровинции Дагестана



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Основными производителями капусты белокочанной в Дагестане являются личные подсобные хозяйства Горной подпровинции. Дополнительным резервом производства является Предгорная подпровинция (в частности Буйнакский район), почвенно-климатические условия которого благоприятны для выращивания капусты белокочанной. В этой связи, исследования, направленные на изучение адаптивного потенциала сортов капусты белокочанной в данной подпровинции, являются актуальными.

Материал и методика. Цель работы – разработка элементов технологии выращивания сортов капусты белокочанной применительно к Предгорной подпровинции Республики Дагестан. Приведены результаты трёхлетних исследований по изучению адаптивного потенциала сортов капусты белокочанной в поливных условиях Предгорной подпровинции Республики Дагестан.

Результаты. В результате проведённых исследований выявлено, что сорт капусты Надежда сформировал наибольшую продуктивность во всех вариантах по режиму орошения. Достаточно высокие данные отмечены также у сорта Самур 2. Сравнительный анализ вариантов опыта по показателю суммарного водопотребления показал, что в среднем по изучаемым сортам капусты белокочанной наиболее экономное расходование наблюдали при режиме орошения, предусматривающем назначение поливов при предполивном пороге 75-85-75% НВ. По сравнению с первым вариантом (70-80-70% НВ) экономия поливной воды составила 150 м³/га, а по сравнению с третьим вариантом (80-90-80% НВ) – 178 м³/га. В этом же варианте была сформирована достаточно высокая продуктивность сортов капусты.

Ключевые слова: предгорная подпровинция, почвенно-климатические условия, капуста белокочанная, сорт, режим орошения, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления, урожайность.

Yield of cabbage depending on the irrigation regime in the foothill subprovince of Dagestan

ABSTRACT

Relevance. The main producers of cabbage in Dagestan are personal subsidiary farms of the Mountain subprovince. An additional reserve of production is the Foothill subprovince (in particular buinak district), soil and climatic conditions which are favorable for growing cabbage. In this regard, studies aimed at studying the adaptive potential of cabbage varieties in this subprovince are relevant.

Material and methods. The aim of the work is to develop elements of technology for growing varieties of cabbage in relation to the Foothill sub-province of the Republic of Dagestan. The results of three-year studies on the adaptive potential of cabbage varieties in irrigation conditions of the Foothill sub-province of the Republic of Dagestan are presented.

Results. As a result of the conducted researches it is revealed that the variety Nadezhda has formed the greatest productivity on all variants on a mode of irrigation. Quite high data are also noted in the variety Samur 2. Comparative analysis of variants of the experiment the total water consumption showed that, on average, for the studied varieties of cabbage most economical use observed in the irrigation regime providing for irrigation when pre-irrigation moisture threshold 75-85-75% NV. On average, the studied varieties and hybrids of cabbage, the most economical expenditure was observed in the irrigation regime, which provides for the appointment of watering at the pre-watering threshold 75-85-75% NV. Compared with the first option (70-80-70% NV) saving irrigation water was 150 m³/ha, and compared with the third option (80-90-80% NV) – 178 m³/ha. On the same option was formed quite high productivity of varieties of cabbage.

Keywords: foothill province, soil and climatic conditions, cabbage, variety, hybrid, irrigation regime, total water consumption, water consumption coefficient, yield.

Введение

Выращивание овощей в Российской Федерации уже давно и прочно занимает самые важные позиции в сельском хозяйстве страны. Среди овощных культур наиболее востребованной является капуста белокочанная, хотя площади под ней продолжают сокращаться [9].

Посевная площадь капусты в мире составляет 2,445 млн га, средняя урожайность – 29,2 т/га. Самые крупные производители капусты: Китай – 32,266 млн т, Индия – 8,534 млн т, Южная Корея – 2,434 млн т. В России площадь под капустой не превышает 0,111 млн га, а средняя урожайность – 29,92 т/га [1,5,9]. В последние годы урожайность капусты в России значительно возросла, хотя по урожайности капусты в мире наша страна находится на 43 месте. В то же время импорт овощной продукции в Россию в 2016 году в целом снизился на 33,5%. В январе-феврале 2017 года импорт капусты снизился по отношению к январю-февралю 2016 года еще на 15,4%. Основные страны-поставщики капусты в Россию – Иран и Китай, на долю которых приходится около 84% поставок [1].

Анализируя исследования ученых, можно с уверенностью полагать, что решающим фактором в системе агротехнических мероприятий возделывания капусты белокочанной является орошение [2,11]. В основных районах товарного овощеводства овощные культуры, как правило, возделываются при орошении. В северо-западных и центральных областях Нечерноземной зоны орошение обеспечивает повышение их урожайности в среднем на 20-30%, на юго-востоке – в 1,5-2 раза, а во многих районах Нижнего Поволжья и Северного Кавказа выращивать овощные культуры без орошения практически невозможно [13].

Для обеспечения высокой продуктивности капусты белокочанной в нашей стране возможно осуществить грамотное регулирование водного режима почвы с помощью капельного орошения. Использование этого вида полива позволяет в значительной степени снизить расход воды и минеральных удобрений, в результате чего повышается урожайность сельскохозяйственных культур на 20-50% по сравнению с дождеванием и поверхностным способом полива. Поэтому проведение экспериментальных исследований в указанном направлении имеет большое значение для мелиоративной науки и практики [4].

При выращивании поздних и среднеспелых сортов капусты первоочередной задачей является обеспечение хорошей приживаемости рассады, для чего необходимо создать достаточный запас влаги в почве. Так как капусту этих сортов высаживают позже, чем раннюю, то естественные запасы влаги в почве оказываются недостаточными, и часто требуется полив до высадки рассады. Для южных районов такой полив является обязательным. В центральных районах многое зависит от погодных условий, так как выпадение осадков после такого полива может затруднить высадку рассады в оптимальные сроки [12].

В южных районах, а также в центральных при сухой и жаркой погоде полив капусты надо проводить регулярно с начала вегетации и прекращать его за 2-3 недели до уборки, создавая рекомендуемый уровень влагообеспеченности по периодам вегетации (70-80-80% ППВ) [13]. Вегетационные поливы средне- и позднеспелой капусты при отсутствии осадков проводят через каждые 10-12 дней. Норма полива в Нечерноземной зоне в первый период вегетации – 150-200 м³/га, во второй и третий периоды – 200-350 м³/га. На легких почвах норма полива и межполивной период меньше, чем на средних и тяжелых. В южных районах норму полива увеличивают до 200-250 м³/га в первый период вегетации и до 350-400 м³/га – в остальные периоды [13]. При поливе по бороздам норма полива обычно больше, однако для овощных культур нет

необходимости в поливе нормами выше 500 м³/га.

Согласно рекомендаций, составленных С.С. Ваняном [3], при возделывании капусты белокочанной оптимальным считается поддержание влажности почвы не ниже 80% НВ в течение всей вегетации. При понижении ее до 70% НВ даже на непродолжительное время (5-7 дней) урожайность капусты снижается. Межполивные интервалы составляют 10-12 дней – в центральных районах России и 7-8 – в южных. Норма полива при дождевании принимается 200-350 м³/га.

По данным С.В. Петрова [10] при обезвоживании клеток хлорофилл растений теряет способность ассимилировать. Происходит нарушение обмена веществ, гидролиза крахмала, углеводов и даже белков, что ведет к резкому снижению продуктивности.

Недостаток влаги в почве затягивает вегетационный период, задерживает образование кочанов и уменьшает их размеры. Число растений, не образующих кочан, при этом возрастает, урожайность снижается [7].

Потребность растений во влаге изменяется также в зависимости от биологических особенностей сорта капусты. Более скороспелые сорта, отличающиеся более интенсивным и быстрым накоплением урожая, больше нуждаются во влаге, чем позднеспелые [8].

Учеными Республики Калмыкия выявлено, что наиболее высокая продуктивность капусты, на уровне 60 т/га была достигнута при внесении $N_{175}P_{110}K_{70}$ и режимах орошения, предусматривающем проведение поливов при предполивных порогах увлажнения 75-85-70 и 80-90-80% НВ [6].

Республика Дагестан располагает благоприятными почвенно-климатическими условиями для развития овощеводства и занимает ведущее место среди регионов России по производству овощей.

Капуста является одной из важных овощных культур в Дагестане. Высокая продуктивность, хорошая лёжка, транспортабельность, возможность получения свежей продукции в самые различные периоды вегетационного сезона, высокие пищевые и диетические достоинства –

Опыт 1. Влияние водного режима на водопотребление и продуктивность сортов капусты белокочанной
Experience 1. Influence of water regime on water consumption and productivity of cabbage varieties

№ п/п	Фактор А – сорт	Фактор В. Разработка поливного режима сортов капусты белокочанной
1		Предполивной порог 70-80-70% НВ
2	Слава 1305 (стандарт)	Предполивной порог 75-85-75% НВ
3		Предполивной порог 80-90-80% НВ
4		Предполивной порог 70-80-70% НВ
5	Самур 2	Предполивной порог 75-85-75% НВ
6		Предполивной порог 80-90-80% НВ
7		Предполивной порог 70-80-70% НВ
8	Надежда	Предполивной порог 75-85-75% НВ
9		Предполивной порог 80-90-80% НВ

все эти ценные свойства выдвинули ее на первое место среди других овощных культур.

Основные производители капусты – личные подсобные хозяйства Левашинского и Акушинского районов. Дополнительным резервом производства данной культуры является Буйнакский район Республики Дагестан, почвенно-климатические условия которого благоприятны для выращивания белокочанной капусты.

В этой связи, исследования, направленные на выявление адаптационного потенциала сортов капусты в орошаемых условиях Предгорной подпровинции Дагестана, являются актуальными.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований были выбраны районированные для орошаемых условий Дагестана средне-спелые сорта капусты белокочанной (Слава 1305, Самур 2, Надежда), предназначенные в основном для квашения и переработки.

При выборе сортов капусты мы учитывали мнение многих исследователей, которые отмечают, что, развивая политику импортозамещения, необходимо не забывать о конкурентоспособности отечественной продукции [14, 15].

Наши исследования, направленные на изучение адаптивного потенциала сортов капусты белокочанной при разных режимах орошения, были проведены в период с 2016 по 2018 годы, в условиях ПСК «Халимбекаул» Буйнакского района Республики Дагестан по следующей схеме:

Почвы опытного участка каштановые, содержание гидролизующего азота составляет 3-9 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора – 1-3,5 мг, обменного калия – 20-30 мг на 100 г почвы.

Периоды вегетации сортов и гибрида капусты белокочанной характеризовались как засушливые.

Предполивную влажность принимали дифференцированной в зависимости от различных требований к ней капусты по

фазам роста: например, 70% НВ – от высадки рассады до начала образования кочана, 80% НВ – в период образования и роста кочана до начала технической спелости, 70% НВ – от начала технической спелости до уборки урожая. Расчетный слой увлажнения почвы приняли равным 0,5 м.

Результаты и их обсуждение

Посадка рассады сортов капусты белокочанной была проведена в 2016 году 10 мая; в 2017 – 7 мая, в 2018 году – 14 мая.

Продолжительность межфазного периода посадки-формирования кочана в среднем за 2016-2018 годы в контроле (полив при 70-80-70% НВ) варьировала в пределах 49-50 дней, а периода формирования кочана-техническая спелость – 81-83 дней. В целом вегетационный период стандарта (Слава 1305) составил 133 дней; сорта Самур 2 – 132 дней, Надежда – 130 дней.

По сравнению с контролем изучаемые сорта при пред-поливном пороге 75-85-75% НВ созревали на день позже, а при режиме орошения, предусматривающем проведение поливов при пороге 80-90-80% НВ – на 3-4 дня позже.

В среднем за годы проведения исследований в контроле (70-80-70% НВ) показатели суммарного водопотребления у изучаемых сортов (Слава 1305, Самур 2, Надежда) составили соответственно 4505; 4533 и 4493 м³/га. При этом в статье водного баланса доля поливной воды была наибольшей и колебалась в пределах 61,0; 60,7 и 61,2%; осадки составили 26,1; 25,9; 26,2%, а использованных почвенных запасов – 12,9; 13,4 и 12,6% (табл. 1).

На делянках с предполивным порогом 75-85-75% НВ значения суммарного водопотребления практически не различались по сортам и составили соответственно 4359; 4378 и 4342 м³/га. В статье водного баланса доля оросительной воды опять-таки была значительной и составила 60,4; 60,2 и 60,6% соответственно. На второй позиции находились почвенные запасы – 12,6; 13,0 и 12,3%.

Таблица 1. Суммарное водопотребление сортов капусты, м³/га (среднее за 2016-2018 годы)
Table 1. Total water consumption of cabbage varieties, m³ / ha (average for 2016-2018)

Вариант опыта	Сорт	Почвенные запасы		Осадки		Оросительная норма		Суммарное водопотребление, м³/га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м³/т
		м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%			
Поливы при 70-80-70 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	580	12,9	1175	26,1	2750	61,0	4505	41,9	107
	Самур 2	608	13,4	1175	25,9	2750	60,7	4533	44,2	102
	Надежда	568	12,6	1175	26,2	2750	61,2	4493	46,2	97
Поливы при 75 – 85 – 75 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	551	12,6	1175	27,0	2633	60,4	4359	45,0	97
	Самур 2	570	13,0	1175	26,8	2633	60,2	4378	48,7	90
	Надежда	534	12,3	1175	27,1	2633	60,6	4342	50,7	86
Поливы при 80 – 90 – 80 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	524	11,6	1175	25,9	2833	62,5	4532	43,3	105
	Самур 2	539	11,9	1175	25,8	2833	62,3	4547	46,4	98
	Надежда	527	11,6	1175	25,9	2833	62,5	4535	48,6	93

Атмосферные осадки занимают промежуточное положение и составили соответственно 27,0; 26,8 и 27,1%.

Аналогичная ситуация отмечена также в случае организации поливов при пороге 80-90-80% НВ.

Сравнительный анализ вариантов опыта по показателю суммарного водопотребления, в среднем по изучаемым сортам капуста белокочанной показал, что наиболее экономное расходование наблюдается при пороге 75-85-75% НВ, экономия поливной воды с контролем составила 150 м³/га, а по сравнению с третьим вариантом (80-90-80% НВ) – 178 м³/га.

Среди изучаемых сортов капусты белокочанной наименьший коэффициент водопотребления зафиксирован у сорта Надежда – соответственно 97; 86 и 93 м³/т, а наибольший расход у стандарта Слава 1305 – 107; 97; 105 м³/т соответственно.

Очень важным является установление расхода воды за межфазные периоды.

Невысокое водопотребление зафиксировано в межфазный период посадка-начало завивания кочана. Так, на делянках с сортом Слава 1305 (стандарт), общее водопотребление по вариантам с режимами орошения колебалось в пределах 875-953 м³/га, а среднесуточное – в пределах от 17,3 до 18,7 м³/га *сут (табл. 2).

Максимальное потребление влаги отмечено в межфазный период начало завивания кочана-техническая спелость, которое по вариантам опыта составило 3551; 3481; 3644 м³/га соответственно, а среднесуточное водопотребление – 43,0; 41,1 и 42,4 м³/га *сут.

Примерно такие же данные зафиксированы у сортов Самур2 и Надежда. Так, у сорта Самур 2 среднесуточное водопотребление в первый межфазный период составило 19,4; 18,1; 17,9 м³/га *сут. соответственно, а во втором периоде – 43,5; 41,5 и 43,1 м³/га *сут.

Эти данные у сорта Надежда составили соответственно 19,9; 18,6; 18,8; 43,5; 41,5 и 43,6 м³/га *сут.

В целом за вегетационный период среднесуточное потребление влаги в вариантах с режимами орошения

составило соответственно: у стандарта – 33,7; 32,2; 33,4 м³/га*сут; сорта Самур 2 и сорта Надежда – 34,3; 32,6; 33,4 и 34,6; 33,0 и 34,2 м³/га*сут.

Данный показатель зависел не только от заданного предполивного порога, но также от количества выпавших атмосферных осадков.

Так, более высокие значения среднесуточного водопотребления наблюдались в условиях периода 2018 года, а невысокие, и примерно одинаковые – в вегетационных периодах 2016 и 2017 годов.

Наши исследования показали, что в варианте с предпосевным порогом 70-80-70% НВ наибольшую площадь листовой поверхности сформировал сорт Надежда – 39,3 тыс. м² /га, что на 9,5% выше сорта Слава 1305, на 3,4% больше показателя сорта Самур 2 (табл. 3). Минимальный показатель отмечен у сорта Слава 1305 – 35,9 тыс. м² /га.

Аналогичная картина наблюдалась также и в других вариантах опыта. Так, при повышении предполивного порога увлажнения до 75-85-75% НВ площадь листьев у сорта Надежда составила 41,8 тыс. м² /га, что больше данных сортов Слава 1305 и Самур на 9,1-3,5% соответственно. В случае применения режима орошения, предусматривающего проведение поливов при предполивном пороге 80-90-80% НВ, превышение сорта Надежда составило 9,8-3,8% соответственно.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что существенное влияние на формирование площади листьев оказывает водный режим почвы. В среднем по изучаемым сортам капусты в варианте с предпосевным порогом увлажнения 70-80-70% НВ площадь листовой поверхности составила 37,7 тыс. м² /га. По мере улучшения условий водообеспеченности путем повышения предполивного порога влажности почвы до 75-85-75% НВ и 80-90-80% НВ площадь листового аппарата возрастала соответственно на 6,6-4,8%. Несмотря на достигнутые высокие показатели площади листовой поверхности во втором и третьем вариантах, следует отметить, что она может служить кри-

Таблица 2. Водопотребление сортов капусты за межфазные периоды (среднее за 2016-2018 годы)
Table 2. Water consumption of cabbage varieties for interphase periods (2016-2018)

Период роста и развития	Водопотребление по периодам, м³/га			Среднесуточное водопотребление, м³/га *сут		
	70-80-70% НВ	75-85-75% НВ	80-90-80% НВ	70-80-70% НВ	75-85-75% НВ	80-90-80% НВ
Слава 1305 (стандарт)						
Посадка – начало завивания кочана	953	875	889	18,7	17,3	18,0
Начало завивания кочана –техническая спелость	3551	3481	3644	43,0	41,1	42,4
Посадка – техническая спелость	4504	4356	4533	33,7	32,2	33,4
Самур 2						
Посадка –начало завивания кочана	976	882	930	19,4	18,1	17,9
Начало завивания кочана –техническая спелость	3557	3456	3619	43,5	41,5	43,1
Посадка – техническая спелость	4533	4338	4549	34,3	32,6	33,4
Надежда						
Посадка – начало завивания кочана	982	923	944	19,9	18,6	18,8
Начало завивания кочана –техническая спелость	3511	3419	3591	43,5	41,5	43,6
Посадка – техническая спелость	4493	4342	4535	34,6	33,0	34,2

Таблица 3. Площадь листьев, фотосинтетический потенциал посева (ФПП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) сортов капусты (средняя за 2016-2018 годы)
Table 3. The area of leaves, FP and NPF varieties of cabbage (2016-2018)

Режим орошения	Сорт	Максимальная площадь листьев на 1 га, тыс. м ²	ФПП, млн м ² сут./га	Накопление сухой массы, т/га	ЧПФ, г*м ² /сутки
Поливы при 70 – 80 - 70 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	35,9	2415	5,8	2,39
	Самур 2	38,0	2543	6,7	2,65
	Надежда	39,3	2587	7,3	2,81
Поливы при 75 – 85 – 75 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	38,3	2609	6,3	2,43
	Самур 2	40,4	2741	7,6	2,76
	Надежда	41,8	2796	8,2	2,95
Поливы при 80 – 90 – 80 % НВ	Слава 1305 (стандарт)	37,5	2581	6,3	2,42
	Самур 2	39,7	2731	7,4	2,72
	Надежда	41,2	2786	8,0	2,88

терием оценки соответствия условий для формирования урожая общей биомассы, но не является исчерпывающим, универсальным показателем, определяющим продуктивность посева.

Для более точного определения эффективности реализации световых ресурсов на формирование биомассы растений необходимо знать не только максимальную площадь листьев, но и интенсивность работы листовой поверхности для создания урожая в течение всего вегетационного периода – фотосинтетический потенциал посева (ФПП).

Из представленных в таблице данных видно, что наибольшие и примерно одинаковые значения ФПП наблюдались у сортов Самур2 и Надежда, а минимальные – у стандарта Слава 1305. При предположном пороге 70-80-70% НВ у стандарта и сортов Самур 2 и Надежда ФПП составил 2415; 2543 и 2587 млн м²сут./га, а в вариантах с порогами

увлажнения 75-85-75% НВ и 80-90-80% НВ значения фотосинтетического потенциала посевов составили 2609; 2741; 2976 и 2581 и 2731; 2786 млн м²сут./га. Таким образом, во втором и третьем вариантах превышение по сравнению с первым составило 7,9-7,3%.

Одной из важных задач в орошаемом земледелии является увеличение показателя чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Как видно из данных той же таблицы, во всех вариантах опыта наибольшая ЧПФ была у сорта Надежда – 2,81; 2,95 и 2,88 г*м²/сутки соответственно. Минимальные данные отмечены у стандарта Слава 1305 – 2,39; 2,43 и 2,42 г*м²/сутки. Промежуточное положение по этому показателю занимал сорт Самур 2 – 2,65; 2,76 и 2,72 г*м²/сутки. При улучшении водообеспеченности растений капусты белокачанной ЧПФ повышается, так, при предположном пороге увлажнения 75-85-75% НВ превышение

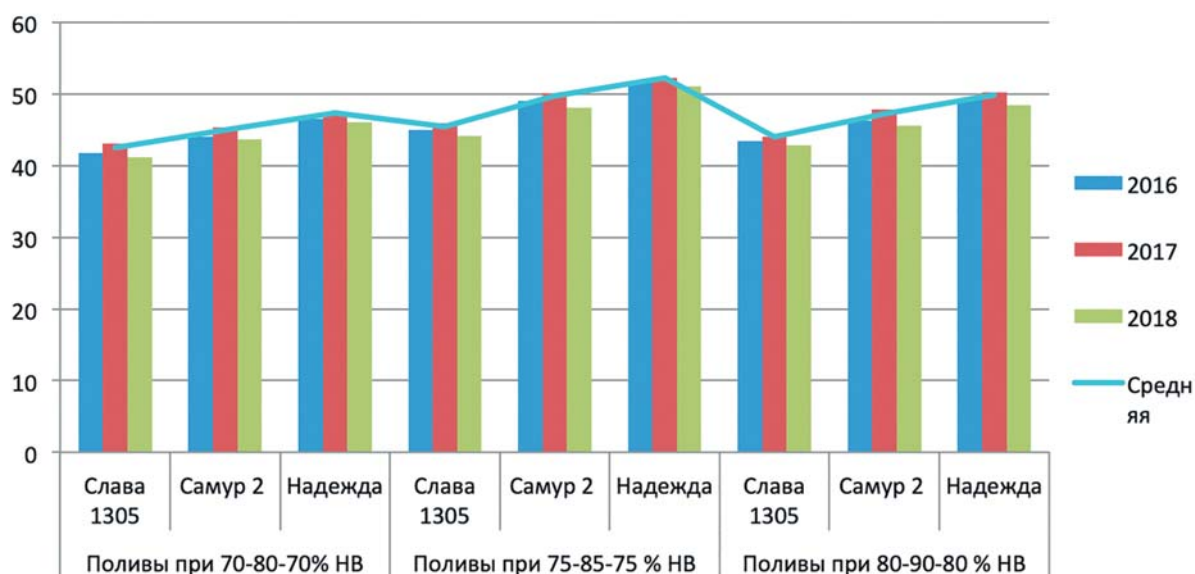


Рис. Урожайность сортов капусты в зависимости от поливного режима (средняя за 2016-2018 годы, т/га)
Fig. Yield of cabbage varieties depending on irrigation regime (2016-2018)

составило 3,4%, а при 80-90-80% НВ – 1,9%. По годам исследований максимальные показатели были отмечены в 2019 году, а минимальные – 2018 году.

Данные по урожайности сортов и гибрида капусты белокочанной в зависимости от режимов орошения представлены на рисунке. Как видно из приведённых данных, в контроле (полив при 70-80-70% НВ) наибольшая урожайность (в среднем за годы исследований) получена у сорта Надежда – 47,3 т/га, что на 11,3% больше стандарта (Слава 1305) и на 5,3% – сорта Самур 2. Сорт Самур 2 по урожайности превысил стандарт на 5,6% и занял промежуточное положение.

Анализ данных второго и третьего вариантов по режиму орошения показывает, что более высокие урожайные данные отмечены у сорта Надежда, а минимальные – у стандарта (Слава 1305). Как и в предыдущем случае, промежу-

точное положение занимает сорт Самур 2. При сравнении вариантов по режиму орошения видно, что более высокая продуктивность изучаемых сортов капусты была достигнута в варианте с предполивым порогом увлажнения 75-85-75% НВ, превышение по сравнению с контролем составило 9,3%, а по сравнению с третьим вариантом (80-90-80% НВ) – 4,5%. Невысокая продуктивность отмечена в контроле.

Закключение

Для дополнительного увеличения продуктивности и валового сбора капусты белокочанной, в условиях Предгорной подпровинции Республики Дагестан рекомендуется выращивать сорт Надежда, проведением вегетационных поливов, при достижении предполивного порога до 75-85-75% от наименьшей влагоёмкости.

Об авторе

Хасаева Зарема Магомедрасуловна – аспирант кафедры кадастров и ландшафтной архитектуры
<https://orcid.org/0000-0002-5866-0349>

About the author

Zarema M. Hasayeva – postgraduate student, Department of cadastre and landscape architecture
<https://orcid.org/0000-0002-5866-0349>

● Литература

1. Мамедов М.И. Овощеводство в мире: производство основных овощных культур, тенденция развития за 1993-2013 годы по данным FAO. Овощи России. 2015;(2):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9>.
2. Артемьева, А.М. Генофонд овощных культур *Brassica L.* ВИР. Состояние и перспективы селекции и семеноводства капустных культур: тезисы Международной научно-практической конференции, 12-15 сентября 2016 г. М.: РГАУ-МСХА, 2016. С. 53-54.
3. Дубенок, Н.Н. Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса. Мелиорация и водное хозяйство. 2013;(3):7-9.
4. Гиш, Р.А., Гикало Г.С. Овощеводство юга России. Краснодар: ЭДВИ, 2012. 632 с.
5. Бородычев, В.В. Перспективные приёмы повышения эффективности мелиорации в Нижнем Поволжье. Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России. Сборник материалов научной сессии РАСХН. М., 2000. Часть 1. С.455-461.
6. Развитие овощеводства в Российской Федерации: состояние и перспективы [Текст]. М.: Росинформагротех, 2010. 224 с.
7. Режим орошения, способы и техника полива овощных и бахчевых культур в различных зонах РФ. Руководство, Москва, 2010. 82 с.
8. Ревенский, В.А. Оптимизация минерального питания растений на криогенных почвах Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. 146 с.
9. Ванеян, С.С. Технологические основы повышения эффективности орошения и гидроподкормки овощных и бахчевых культур в различных почвенно-климатических зонах России. М.: РАСХН, ВНИИО, 1997. 58 с.
10. Петров, С.В. Формирование урожая различных сортов капусты в зависимости от водного режима почв и норм минеральных удобрений: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.02. Волгоград, 1991. 21 с.
11. Лизгунова, Т.В., Степанова В.М., Джохадзе Т.И. Агрометеорологическая характеристика сортов белокочанной капусты. Каталог мировой коллекции. Вып. 314. Л.: 1981. 16 с.
12. Лизгунова, Т.В. Культурная флора СССР. Т. 11. Капуста. Л.: Колос. 1984. С.328.
13. Жидков, В.М., Маштыков Г.Г. Оптимальные режимы питания и орошения капусты на бурых почвах Калмыкии. Картофель и овощи. 2007;(6):20-21.
14. Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Разин А.Ф., Шатилов М.В., Разин О.А., Россинская О.В., Башкиров О.В. Проблемы производства конкурентной овощной продукции. Овощи России. 2019;(1):3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>
15. Ушачев И.Г., Маслова В.В., Чекалин В.С. Импортозамещение и обеспечение продовольственной безопасности России. Овощи России. 2019;(2):3-8. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>

● References

1. Mamedov M.I. Vegetable production in the world: production of main vegetable crops, development trend during 1993-2013 based on the data of FAO. Vegetable crops of Russia. 2015;(2):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-3-9>
2. Artemyeva, A.M. Genofund of vegetable cultures *Brassica L.* VIR. State and prospects of selection and seed production of cabbage crops: theses of the International scientific-practical conference, September 12-15, 2016-Moscow: RSUA-MSHA, 2016. Pp.53-54.
3. Dubenok, N.N. Land reclamation – the basis of successful development of agro-industrial complex. Land reclamation and water management. 2013;(3):7-9.
4. Gish, R.A. Vegetable growing of the South of Russia [Text] / R. A. Gish, G. S. Gikalo. - Krasnodar: EDVI, 2012. 632 p.
5. Borodychev V. V. Perspective methods of improving the efficiency of land reclamation in the Lower Volga region. Scientific support of sustainable development of agricultural production in the arid zones of Russia. Proceedings of the scientific session of RASKHN. M., 2000. Part 1. P.455-461.
6. Development of vegetable growing in the Russian Federation: state and prospects. Moscow: Rosinformagrotech, 2010. 224 p.
7. Irrigation regime, methods and techniques of irrigation of vegetable and melon crops in different zones of the Russian Federation. Guide, Moscow, 2010. 82 p.
8. Revensky, V.A. Optimization of mineral nutrition of plants on cryogenic soils of Transbaikalia / V. A. Revensky. Ulan-Ude: Publishinghouse of BNC SB RAS. 2005. 146 p.
9. Vanean, S.S. Technological bases of increase of efficiency of irrigation and girdrootbojki vegetable and melon crops in different soil-climatic zones of Russia. Moscow, 1997. 58 p.
10. Petrov, S. V. Crop Formation of different varieties of cabbage depending on the water regime of soils and norms of mineral fertilizers: abstract. Diss. Cand. sci.: 06.01.02. Volgograd, 1991. 21 p.
11. Lizgunova, T.V., Stepanova V.M., Dzhokhadze T.I. Agrometeorological characteristics of white cabbage varieties. Catalogue of the world collection. Vol. 314. L.: 1981. 16 p.
12. Lizgunova T.V. Cultural flora of the USSR. T. 11. Cabbage. L.: Ear. 1984. P.328.
13. Zhidkov, V.M., Mashtykov G.G. Optimal regimes of nutrition and irrigation of cabbage on brown soils of Kalmykia. Potatoes and vegetables. 2007;(6):20-21.
14. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Shatilov M.V., Razin O.A., Rossinskaya O.V., Bashkirov O.V. Problems of production of competitive vegetable products. Vegetable crops of Russia. 2019;(1):3-7. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-3-7>
15. Ushachev I.G., Maslova V.V., Chekalin V.S. Import substitution and ensuring food security of Russia. Vegetable crops of Russia. 2019;(2):3-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-52-57>
УДК 634.8:631.526.32

Фадеев В.В.,
Раджабов А.К.,
Деменко В.И.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Российская Федерация, г. Москва, ул.
Тимирязевская, д.49
E-mail: plod@timacad.ru, asvl1@yandex.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фадеев В.В., Раджабов А.К.,
Деменко В.И. Результаты агротехнологического
изучения устойчивых белых винных сортов вино-
града нового поколения для производства био-
вин. Овощи России. 2019;(5):52-57.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-52-57>

Поступила в редакцию: 23.09.2019

Принята к печати: 07.10.2019

Опубликована: 25.10.2019

Vladislav V. Fadeev,
Agamagomed K. Radzhabov,
Vasily I. Demenko

Russian State Agrarian University – Moscow
Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazev 127550, Russian Federation,
Moscow, Timiryazevskaya st., 49
E-mail: plod@timacad.ru, asvl1@yandex.ru

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

For citation: Fadeev V.V., Radzhabov A.K.,
Demenko V.I. The results of the study of agricultural
technology sustainable white wine grapes for a new
generation of biological wines production.
Vegetable crops of Russia. 2019;(5):52-57 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-52-57>

Received: 23.09.2019

Accepted for publication: 07.10.2019

Accepted: 25.10.2019

Результаты агротехнологического изучения устойчивых белых винных сортов винограда нового поколения для производства биовин



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Широко используемые традиционные винные сорта европейско-азиатского винограда характеризуются низким уровнем устойчивости к болезням и требуют многократных обработок пестицидами для сохранения урожая и растений. Получение и внедрение в производство устойчивых сортов является одной из актуальных проблем современного виноградарства в мире и в нашей стране, особенно в аспекте все более широкого распространения принципов органического производства. Это особенно актуально для виноградников, расположенных приморских районах юга России, где применение методов химической защиты виноградников от вредителей и болезней ограничивается близостью к морскому побережью и статусом курортного региона.

Материал и методика. В работе представлены результаты изучения винных белых сортов винограда нового поколения, имеющих высокий потенциал устойчивости неблагоприятным условиям среды и болезням. Цель работы: Агробиологическая и технологическая оценка новых комплексноустойчивых сортов винограда и разработка рекомендаций по их использованию.

Результаты. Выявлено, что опытные белые винные сорта характеризуются высоким уровнем адаптационной способности. По продуктивности новые сорта не уступают сорту Sauvignon. Виноматериалы, приготовленные из новых устойчивых сортов, характеризуются высоким содержанием экстрактивных и фенольных соединений. По органолептическим характеристикам виноматериалы из новых устойчивых белых сортов винограда находятся на уровне контрольного сорта. Установлено, что уровень устойчивости новых сортов винограда позволяет исключить из технологии ухода за виноградником мероприятия по защите от основных болезней милдью, оидиума и серой гнили, что существенно снижает себестоимость продукции и позволяет получить экологически безопасную и органическую продукцию.

Ключевые слова: биологическое виноградарство, устойчивые белые винные сорта, продуктивность устойчивых сортов, показатели качества вин.

The results of the study of agricultural technology sustainable white wine grapes for a new generation of biological wines production

ABSTRACT

Relevance. Widely used traditional wine varieties of European-Asian grapes are characterized by a low level of resistance to disease and require multiple treatments with pesticides to preserve the crop and plants. Obtaining and introduction of sustainable varieties into production is one of the urgent problems of modern viticulture in the world and in our country, especially in the aspect of the ever wider dissemination of the principles of organic production. This is especially true for vineyards located in the coastal areas of the South of Russia, where the use of methods of chemical protection of vineyards from pests and diseases are limited to the proximity to the sea coast and the status of the resort region.

Material and methods. The paper presents the results of the study of white wine grapes of the new generation with a high potential for resistance to environmental conditions and diseases. Purpose: research and development of recommendations on the use of white wine grapes of the new generation, characterized by resistance to adverse environmental conditions.

Results. It is revealed that the experimental white wine varieties are characterized by a high level of adaptive capacity. In terms of productivity, new varieties are not inferior to the Sauvignon variety. Wine materials made from new resistant varieties are characterized by a high content of extractive and phenolic compounds. According to the organoleptic characteristics of wine materials from new resistant white grape varieties are at the level of the control variety. It is established that the level of stability of new grape varieties can be excluded from the technology of care of the vineyard measures to protect against major diseases, which significantly reduces the cost of production and allows you to get environmentally safe and organic products.

Keywords: fbiological viticulture, sustainable white wine varieties, productivity of sustainable varieties, biochemical indicators of wine quality.

Актуальность темы

Одним из заметных трендов в развитии виноградарства и виноделия в последние годы является внедрение принципов органического производства, производство биодинамических и биовин. Эта проблема актуальна и для нашей страны в связи с принятием закона об органическом производстве [11]. В стране появились первые производители биовин [7,10]. Трудности в переходе к органическому виноградарству обусловлены тем, что широко используемые традиционные винные сорта европейско-азиатского винограда характеризуются низким уровнем устойчивости к болезням и требуют многократных обработок пестицидами для сохранения урожая и растений. Получение и внедрение в производство устойчивых сортов является одной из актуальных проблем современного виноградарства в мире и в нашей стране, особенно в аспекте все более широкого распространения принципов органического производства. Это особенно актуально для виноградарников, расположенных в приморских районах юга России, где применение методов химической защиты виноградарников от вредителей и болезней ограничиваются близостью к морскому побережью и статусом курортного региона [4].

Исходя из изложенного, становится очевидным, что важнейшим направлением в налаживании производства органической продукции виноградарства является получение, испытание и внедрение адаптивных сортов и клонов с высоким уровнем устойчивости, не требующих обработок пестицидами, одновременно характеризующихся высоким уровнем качества получаемой продукции [1,5,9]. Селекционерами различных стран такие сорта получены. Для внедрения сортов нового поколения необходимо осуществлять всестороннее изучение проявления их агробиологических, фенологических, технологических свойств, продуктивности и качества получаемой продукции в условиях конкретного экологического района виноградарства.

Цель работы: агробиологическая и технологическая оценка новых комплексноустойчивых сортов винограда и разработка рекомендаций по их использованию. В задачи исследований входит разработка следующих вопросов: изучение фенологических свойств новых белых винных сортов, изучение агробиологии, иммунологическая оценка новых сортов, изучение уволгии, получение виноматериалов и оценка их качества.

Материал, условия и методы исследований

В исследование включены устойчивые технические сорта и формы с белой окраской ягоды (табл. 1): Sauvignon Kretos, Sauvignon Maris, Soreli, Fleurtai, Sauvignon Blanc (контроль).

Изучение сортов нового поколения осуществлялось на госсортучастке, расположенном на территории агрофирмы «Солнечная долина», г. Судак, Республика Крым. Кусты на опытном участке были посажены в 2013 году однолетними саженцами. Культура привитая, опытные сорта и контрольный сорт привиты на подвое *Berlandieri* x *Riparia* Кобер 5ББ. Площадь питания кустов 2,5 x 1 м. Применяли формировку односторонний Гюйо с двумя сучками замещения на штамбе средней высоты. Кусты ведутся на вертикальной шпалере высотой 1,8 м. Культура орошаемая, полив проводится капельным способом.

Контрольные кусты сорта Sauvignon для защиты от болезней опрыскивали 6 раз за сезон согласно агроуказаниям. Опрыскивание кустов опытных сортов винограда не проводили.

Район, где проводили исследования, характеризуется умеренно-жарким засушливым климатом с очень мягкой и малоснежной зимой. Климат засушливый, что обусловлено не только незначительным количеством осадков, но и высокой температурой в летние месяцы и большой величиной испарения из-за сильных суховейных ветров. В течение летних месяцев растения винограда испытывают дефицит влаги, который наиболее остро проявляется в июле-августе. В эти месяцы отмечается наименьшая абсолютная влажность воздуха. Количество осадков в осенне-зимний период составляет 60% от общего. В летний период осадки малопродуктивны. Их выпадает либо слишком мало, и они тут же испаряются, либо проходят ливневые дожди и, в виду сложного рельефа, влага стекает по поверхности почвы в балки и овраги, не успев напитать почву в достаточной степени.

Почвы представлены малогумусными коричневыми карбонатными тяжелосуглинистыми (гумус – 0,71%, карбонат кальция – 2-7%, pH – 8,4), а почвообразующая порода – плотными алевритами и песчаниками.

Для проведения учетов и наблюдений было отобрано по 12 модельных кустов по каждому опытному сорту и контролю.

Погодные условия анализировали на основании информации метеостанции города Судака. Фенологические наблюдения, определение показателей нагрузки кустов глазками, побегом и урожаем, плодородности кустов, весовой учет урожая, изучение силы роста и степени вызревания однолетних побегов проводили по методике М.А. Лазаревского (1963). Увологическую оценку урожая проводили согласно методике Н.Н. Простосердова (1963). Степень развития болезней устанавливали визуальным осмотром по балльной методике. Массовое содержание сахаров в соке ягод определяли рефрактометрическим методом, кислотность – титрованием щелочью.

Таблица 1. Происхождение исследуемых сортов винограда
Table 1. Origin of the studied of grape varieties

Название сортов и форм	Материнский сорт	Отцовский сорт
Fleurtai	Токай Фриуано	20-3.
Soreli	Токай Фриуано	20-3.
Sauvignon Kretos	Совиньон	20-3.
Sauvignon Maris	Совиньон	20-3.
Sauvignon Blanc (контроль)	Траминер	Шенен блан

Таблица 2. Показатели плодородности сортов винограда
Table 2. Indicators of fruitfulness of grape varieties

№	Сорт	Плодоносные побеги, %		K ₁		K ₂	
		2017 год	2018 год	2017 год	2018 год	2017 год	2018 год
1	Sauvignon Kretos	83,7	82,3	1,23	1,25	1,49	1,51
2	Sauvignon Maris	85,9	83,9	1,65	1,34	1,92	1,62
3	Soreli	93,0	85,8	1,39	1,80	1,51	2,08
4	Fleurtaï	84,3	85,1	1,45	1,77	1,70	2,05
5	Sauvignon Blanc – контроль	72,8	89,2	0,93	1,40	1,25	1,56
	HCP ₀₅	12,9	н/с	0,29	0,31	0,29	0,27

В образцах вин, полученных методом микровиноделия, определяя основные качественные показатели – кислотность, содержание остаточных сахаров, спиртуозность и т.д. Анализы образцов виноматериалов проводили на базе ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

Методы анализа вин: ГОСТ 32095-2013 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения объемной доли этилового спирта»; ГОСТ 32114-2013 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот»; ГОСТ 32001-2012 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации летучих кислот»; ГОСТ 32000-2012 «Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации приведенного экстракта»; ГОСТ 26188-2016 «Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения pH»; Определение массовой концентрации редуцирующих сахаров, содержания фенольных веществ, красящих веществ по методам, описанным в книге «Методы теххимического контроля в виноделии» (2009).

Дисперсионный анализ данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985).

Результаты и обсуждение

Погодные условия в период проведения исследований различались. Наиболее высоким уровнем температурного режима в период вегетации за последние несколько десятилетий наблюдений характеризовался 2017 год. Был отмечен абсолютный максимум температуры воздуха 41°C. В период вегетации 14 дней были с максимальными температурами выше 35°C, а 6 дней – свыше 40°C. Сумма активных температур существенно превышала средние многолетние показатели и составила 4639°C. В период покоя температурный режим был благоприятен для успешной перезимовки кустов винограда. Сумма осадков за год была ниже среднемноголетней, а их доля за период вегетации составила всего 55%. Результаты фенологических наблюдений показали, что вегетация кустов винограда проходила в благоприятных условиях температурного режима при высокой теплообеспеченности. Фазы распускания почек и рост побегов проходили при благоприятных условиях, без повреждения поздневесенними заморозками (вероятность их в данной зоне составляет 1 раз за 20

лет). В период проведения исследований фаза цветения проходила в конце мая, начале июня при благоприятных условиях температурного и влажностного режимов. В период интенсивного роста ягод отмечался низкий уровень влажности воздуха, вследствие высокого уровня температурного режима и суховейных ветров.

Иммунологическая оценка состояния растений показала, что признаков поражения милдью, оидиумом и серой гнилью не было выявлено ни у опытных сортов (обработок не было), ни у контрольного (6-ти кратная обработка согласно агроуказаниям).

По результатам агробиологических учетов и наблюдений (табл. 2) установлено, что изучаемые сорта по-разному реагируют на погодные условия года. Показатели плодородности – число побегов на кусте, число соцветий, процент плодоносных побегов, число гроздей в расчете на один плодоносный побег (коэффициент плодородности – K₂), число гроздей в расчете на все побеги (коэффициент плодородности – K₁) изменялись по годам и имели сортовые особенности).

Опытные сорта характеризовались более стабильными показателями плодородности по годам по сравнению с контрольным сортом Sauvignon Blanc. По показателю процент плодоносных побегов новые сорта располагались на

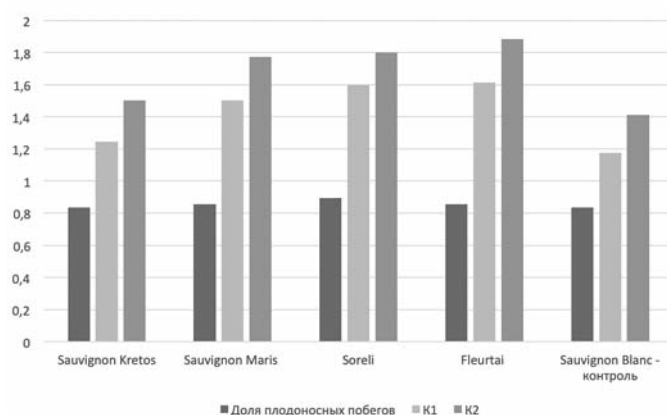


Рис. 1. Показатели плодородности сортов винограда (среднее 2017-2018 годы)
Fig. 1. Indicators of fruitfulness of grape varieties (average 2017-2018)

Таблица 3. Масса грозди и урожайность опытных сортов винограда
Table 3. Bunch weight and yield of experimental of grape varieties

Сорт	Сорт	Средняя масса грозди, г		Средняя урожайность	
		2017 год	2018 год	2017 год	2018 год
1	Sauvignon Kretos	123	148	0,75	1,15
2	Sauvignon Maris	97	129	0,56	1,10
3	Soreli	84	210	0,38	2,57
4	Fleurtaï	87	159	0,55	1,96
5	Sauvignon Blanc – контроль	141	145	0,68	1,38
	HCP ₀₅	10,3	6,0	0,05	0,25

уровне контрольного сорта и выше. В среднем за два года наиболее высокий процент плодоносных побегов был характерен для сорта Soreli. По величине расчетных показателей коэффициента плодоношения и плодоносности все опытные сорта превосходили контроль, что свидетельствует о высокой потенциальной продуктивности исследуемых сортов (рис. 1).

При оценке массы грозди (табл. 3) можно констатировать, что существенное влияние на этот показатель оказывают условия года.

Реакция на экстремально высокие температуры 2017 года зависела от сорта. Сорта Sauvignon Maris, Soreli, Fleurtaï показали большую зависимость массы грозди от погодных условий года. Более благоприятное влияние на этот показатель оказали условия 2018 года, когда масса грозди увеличилась по сравнению с предыдущим годом у сорта Soreli в 2,4 раза, у сорта Fleurtaï – в 1,8 раза, у сорта Sauvignon Maris – в 1,3, у сорта Sauvignon Kretos – на 20%, у контрольного сорта Sauvignon Blanc – на 3%.

Начало плодоношения исследуемых сортов совпало с достаточно трудными условиями вегетации 2017 года, что обусловило относительно небольшую величину урожая кустов. В этих условиях наибольшую адаптационную способность продемонстрировал сорт Sauvignon Kretos.

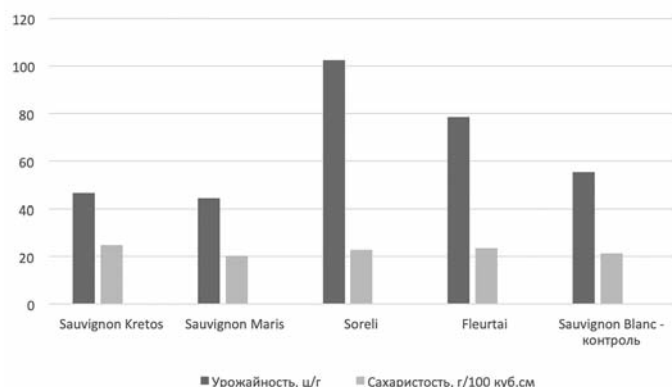
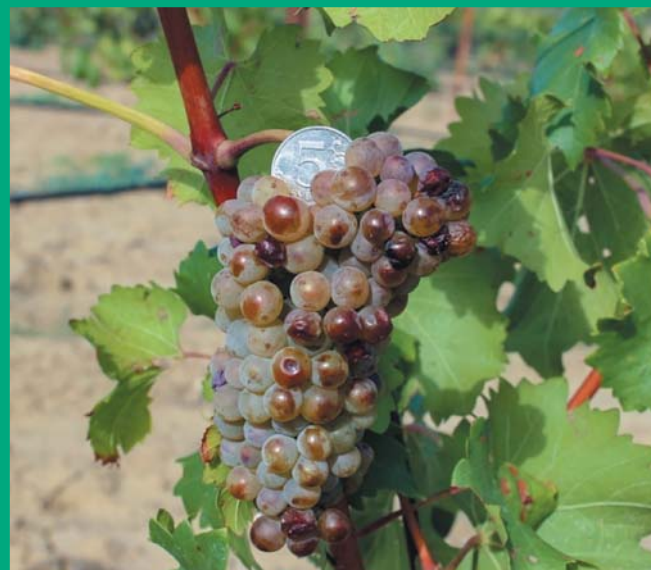


Рис. 2. Урожайность и сахаристость сока ягод исследуемых сортов (2018 год)
Fig. 2. Productivity and sugar content of the juice of berries of the studied varieties (2018)



FLEURTAI



SAUVIGNON KRETOS

Таблица 4. Характеристика виноматериалов
Table 4. Characteristics of wine materials

Показатели	Sauvignon Blanc	Fleurtaï	Soreli	Sauvignon Maris	Sauvignon Kretos	HCP ⁰⁵
Массовая концентрация, г/дм³:						
- сахаров	0,6	1,2	0,8	0,6	1,0	0,48
- титруемых кислот	6,4	6,7	7,6	6,6	5,8	0,56
- летучих кислот	0,12	0,12	0,18	0,15	0,27	0,06
- общего экстракта	15,9	14,1	21,9	16,4	25,5	3,55
- приведенного экстракта	15,3	12,9	21,1	15,8	24,5	3,11
Фенольных веществ, мг/дм³	291	228	229	193	229	20,5
Объемная доля этилового спирта, % об	10,0	9,6	12,8	11,0	14,1	0,94
pH	3,50	3,36	3,34	3,94	3,33	н/с



SAUVIGNON BLANC



SAUVIGNON MARIS

По величине урожайности с 1 га 2018 году (рис. 2) выделились сорта Soreli и Fleurtaï. Два других изучаемых сорта Sauvignon Maris и Sauvignon Kretos показали результат чуть ниже контроля, хотя различия были несущественны. Все изучаемые сорта показали высокий уровень сахаронакопления в оба года исследования.

В образцах белых столовых сухих вин, полученных методом микровиноделия были определены основные физико-химические показатели [6], представленные в таблице 4.

Анализы показали, что величина массовой концентрации титруемых кислот в виноматериалах опытных сортов в целом были близки к контрольному сорту и соответствовали оптимальным значениям, характерным для столовых сухих белых вин (6-9 г/дм³). При оценке качества столовых виноматериалов белых сортов важным показателем является содержание приведенного экстракта. Согласно литературным данным оптимальное значение этого показателя для белых сухих виноматериалов составляет 18-20 г/дм³. Согласно данным, представленным в таблице 4, в оптимальном диапазоне этот показатель находился у виноматериалов, приготовленных из сортов Soreli и Sauvignon Kretos, самая высокая экстрактивность была характерна для образца из последнего сорта. Виноматериалы из контрольного сорта Sauvignon Blanc и опытных сортов Fleurtaï и Sauvignon Maris имели содержание приведенного экстракта чуть ниже оптимальных значений. Экстрактивность виноматериалов можно повысить путем оптимизации приемов по уходу за виноградными кустами, использования технологических приемов переработки, повышающих извлечение экстрактивных веществ из сырья. Уровень массовой концентрации фенольных соединений в образцах виноматериалов соответствовал диапазону свойственному для натуральных столовых сортов виноматериалов и вин.

Анализ полученных данных показал, что в опытных образцах спиртуозность в большинстве случаев превышает этот показатель контрольного образца. При дегустационной оценке образцов вин из опытных сортов установлено, что органолептические характеристики новых сортов не уступают контрольному сорту (12).

Экономическая оценка выращивания новых сортов показала, что благодаря отсутствию обработок ядохимикатами они характеризуются более низким уровнем себестоимости урожая.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что исследуемые сорта показали высокий уровень адаптационной способности. Виноматериалы, приготовленные из новых устойчивых сортов, характеризуются высоким качеством, по органолептическим характеристикам не уступают контрольному сорту. Установлено, что уровень устойчивости новых сортов винограда позволяет исключить из технологии ухода за виноградником мероприятия по защите от основных болезней, что существенно снижает себестоимость продукции и позволяет получить экологически безопасную продукцию. По продуктивности новые сорта Fleurtai и Soreli превосходят контрольный сорт Sauvignon Blanc и рекомендуются для внедрения.



SORELI

Об авторах:

Фадеев Владислав Владимирович – аспирант кафедры плодородства, виноградарства и виноделия факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры

Раджабов Агагомед Курбанович – декан факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: plod@timacad.ru

Деменко Василий Иванович – профессор кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, садоводства и ландшафтной архитектуры, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: asvl1@yandex.ru

About the authors:

Vladislav V. Fadeev – postgraduate student of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, faculty of Horticulture and landscape architecture

Agamagomed K. Radzhabov – Dean of faculty of Horticulture and landscape architecture, head of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, Doctor of agricultural sciences, Professor

Vasily I. Demenko – Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking of Horticulture and landscape architecture, Doctor of agricultural sciences, Professor

• Литература

1. Афиногенова В.А., Раджабов А.К., Михловски М. Влияние клонов винограда сорта Пино нуар и условий года на органолептические свойства сухих вин. // Виноделие и виноградарство. 2007;(2):26-27.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Лазаревский, М.А. Изучение сортов винограда. Издательство Ростовского университета. Ростов-на-Дону. 1963. 76 с.
4. Лиховской, В.В. Анализ состояния виноградарства Крыма // Технологии и инновации, от 1 июля 2015 [Электронный ресурс]: URL: <http://techdrinks.info/ru/news/analiz-sostoyaniya-vynohradarstva-kryima>
5. Maksimov R.A., Radjabov A.K., Pankin M.I., Kushnereva E.V., Prakh A.V. Studies of technical red grape varieties and clones in anapa-taman area of Krasnodar region. Proceedings of the Timiryazev agricultural Academy. 2012;(7):137-143.
6. Методы теххимического контроля в виноделии. Под редакцией Гержиковой В.Г., 2-е изд. Симферополь, Таврида, 2009. 304 с.
7. Михловски М., Раджабов А.К., Хафизова А. Новые перспективные технические гибридные формы селекции Винселект Михловски для биологического виноградарства. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016;(5):19-28.
8. Простосердов, Н. Н. Изучение винограда для определения его использования (увология). М., 1963. 679 с.
9. Раджабов А.К., Лычева Л.А., Гержикова В.Г. Разработка элементов технологии производства столовых сухих вин из устойчивого сорта винограда Бианка в условиях Левобережья Дона. Достижения науки и техники АПК. 2008;(12):60-62.
10. Романишин П.Е., Гугучкина Т.И., Якименко Е.Н. Первое биовино России. Пищевая индустрия. 2011;4(9):12-13.
11. Федеральный закон "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 03.08.2018 N 280-ФЗ.
12. Щербakov С.С. Основы сенсорного анализа алкогольных напитков. Уч. пособие для студентов по направлению 35.03.05 "Садоводство". М.: изд-во РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. 2016. 175 с.

• References

1. Afinogenova V.A., Radzhabov A.K., Mihlovski M. Effect of clones of Pinot Noir and conditions on organoleptic properties of wines. Winemaking and viticulture. 2007;(2):26-27. (In Russ.)
2. Dospekhov B.A. Technique of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
3. Lazarevsky, M.A. The study of grape varieties. Publishing house of Rostov University. Rostov-on-don. 1963. 76 p. (In Russ.)
4. Likhovskoy, V.V. Analysis of the viticulture of the Crimea // Technology and innovation from 1 July 2015 [Electronic resource]: URL: <http://techdrinks.info/ru/news/analiz-sostoyaniya-vynohradarstva-kryima> (In Russ.)
5. Maksimov R.A., Radjabov A.K., Pankin M.I., Kushnereva E.V., Prakh A.V. Studies of technical red grape varieties and clones in anapa-taman area of Krasnodar region. Proceedings of the Timiryazev agricultural Academy. 2012;(7):137-143.
6. Methods technicochemical control in the wine industry / edited by V. G. Gerjikov, 2nd ed. - Simferopol, Tavrida, 2009. 304 p. (In Russ.)
7. Mihlovski M., Radzhabov A.K., Khafizova A. New technical hybrid forms of selection Vinselekt Michlovsky for the biological viticulture. Proceedings of the Timiryazev agricultural Academy. 2016;(5):19-28. (In Russ.)
8. Prostoserdiv, N.N. The study of grapes for determining its use (UFOlogy). M., 1963. P.679.
9. Radzhabov A.K., Lychev L.A., Herzigova V.G. Development of elements of production technology of table wines of dry wines from steady cultivars of grapes Bianka in terms of the left Bank of the don. Achievements of science and technology of agriculture. 2008;(12):60-62. (In Russ.)
10. Romanishin P.E., Guguchkina T.I., Yakimenko E. N. The first biowine Russia. Food industry. 2011;4(9):12-13. (In Russ.)
11. Federal law "On organic products and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation" dated 03.08.2018 N 280-FZ (In Russ.)
12. Shcherbakov S.S. Fundamentals of sensory analysis of alcoholic beverages. Uch. Handbook for students in the direction 35.03.05 "gardening". M.: publishing house RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev. 2016. 175 p. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-58-66>
УДК 634.711.3:631.544.41

Акимова С.В., Викулина А.Н.,
Деменко В.И., Киркач В.В.,
Аладина О.Н., Стрелец В.Д.,
Паничкин Л.А.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Тимирязевская, дом 49
E-mail: avikulina@rgau-msha.ru, asvl1@yandex.ru,
alberry7@yandex.ru; leon.pani4kin@yandex.ru;
kirkach93@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Акимова С.В., Викулина А.Н.,
Деменко В.И., Киркач В.В., Аладина О.Н.,
Стрелец В.Д., Паничкин Л.А. Несезонное
производство ягодной продукции малины
красной в условиях отапливаемых зимних
теплиц. Овощи России. 2019;(5):58-66.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-58-66>

Поступила в редакцию: 23.09.2019

Принята к печати: 11.10.2019

Опубликована: 25.10.2019

Svetlana V. Akimova,
Alexandra N. Vikulina,
Vasily I. Demenko,
Vadim V. Kirkach,
Olga N. Aladina,
Victor D. Strelets,
Leonid A. Panichkin

Russian State Agrarian University - Moscow
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev
127550, Russian Federation,
Moscow, Timiryazevskaya st., 49
E-mail: avikulina@rgau-msha.ru, asvl1@yandex.ru,
alberry7@yandex.ru; leon.pani4kin@yandex.ru;
kirkach93@mail.ru

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

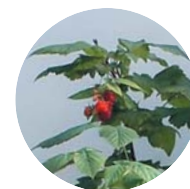
For citation: Akimova S.V., Vikulina A.N.,
Demenko V., Kirkach V.V., Aladina O.N.,
Strelets V.D., Panichkin L.A. Non-season
production of raspberry of red berry products
in conditions of heated winter greenhouses.
Vegetable crops of Russia.
2019;(5):58-66 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-58-66>

Received: 23.09.2019

Accepted for publication: 11.10.2019

Accepted: 25.10.2019

Несезонное производство ягодной продукции малины красной в условиях отапливаемых зимних теплиц



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время во многих странах мира широкое распространение получили производство несезонной ягодной продукции малины. В последнее время интерес к данной технологии возник и в России, что имеет большие перспективы для развития промышленного садоводства. На наш взгляд, перспективно разрабатывать элементы технологии несезонного производства ягод малины красной, размноженной методом клонального микро-размножения с традиционным и ремонтантным типом плодоношения в условиях зимних отапливаемых теплиц.

Материал и методика. Опыты проводили в лаборатории клонального микро-размножения садовых растений лаборатории плодородства РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Объектами исследований служили сорта малины красной с традиционным (сорт Вольница) и ремонтантным (сорта Оранжевое чудо и Брянское диво) типом плодоношения. Опытные растения были размножены методом клонального микро-размножения и выращены перед выгонкой в открытом и защищенном грунте, контролем служили растения, размноженные корневыми отпрысками. В открытый грунт растения были высажены в середине мая, в середине октября их пересадили в контейнеры объемом 10 л и перенесли в условия защищенного грунта. Затем выставили в холодильный отсек с температурой 1...5°C. Для выгонки растения малины ремонтантной выставляли в зимнюю отапливаемую теплицу 20 января, при этом производили нормировку побегов замещения надземной системы: без нормировки, 3 побега на растение, полная обрезка надземной системы. Малину с традиционным типом плодоношения выставляли в зимнюю отапливаемую теплицу в три срока 20 января, 10 февраля, 2 марта. Учеты прохождения фенологических фаз развития и поступления урожая производили в течение 3 месяцев через каждые 5 дней.

Результаты. В условиях зимних отапливаемых теплиц показана эффективность и разработаны элементы технологии несезонного производства ягод малины ремонтантной и с традиционным типом плодоношения, размноженных *in vitro* и выращенных перед выгонкой в открытом грунте. Выявлено, что необходимо провести нормировку побегов перед выгонкой малины ремонтантной и установлены оптимальные сроки начала выгонки для малины с традиционным типом плодоношения.

Ключевые слова: малина ремонтантная, малина с традиционным типом плодоношения, несезонная ягодная продукция.

Non-season production of raspberry of red berry products in conditions of heated winter greenhouses

ABSTRACT

Relevance. Currently, in many countries of the world, the production of non-season raspberry berry products has become widespread. Recently, interest in this technology has arisen in Russia, which has great prospects for the development of industrial gardening. In our opinion, it is promising to develop elements of technology for the non-seasonal production of red raspberries, propagated by the method of clonal micropropagation with a traditional and remontant type of fruiting in the conditions of winter heated greenhouses.

Material and methods. The experiments were carried out in the laboratory of clonal micropropagation of garden plants in the fruit growing laboratory of RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev. The objects of research were varieties of red raspberries with a traditional (variety Volnitsa) and remontant (varieties Orangevov Chudo and Bryanskoe Divo) type of fruiting. The experimental plants were propagated by the method of clonal micropropagation and grown before distillation in open and protected ground; plants propagated by root offspring served as control. Experimental plants were planted in open ground for growing in mid-May, in mid-October they were transplanted into 10 liter containers and transferred to protected ground conditions. Then put in the refrigerator compartment with a temperature of +1...+5°C. For distillation, the raspberry repairing plants were exposed in the winter heated greenhouse on January 20, while the shoots of replacing the aboveground system were normalized: without normalization, 3 shoots per plant, complete pruning of the aboveground system. Raspberries with a traditional type of fruiting were exposed in a winter heated greenhouse in three periods on January 20, February 10, March 2. Accounting for the passage of the phenological phases of development and yield was made for 3 months every 5 days.

Results. In the conditions of winter heated greenhouses, efficiency has been shown and elements of technology for non-season production of raspberry berries remontant and berries with a traditional type of fruiting, propagated *in vitro* and grown before open field distillation are developed. It was revealed that it is necessary to normalize the shoots before distillation of raspberry remontant, and the optimal timing for the start of distillation for raspberries with a traditional type of fruiting has been established.

Keywords: raspberry remontant, raspberry with traditional type of fruiting, non-seasonal berry products.

Введение

Малина является ценной ягодной культурой, которая популярна не только в России, но и во многих странах мира. По данным Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию в 2019 году на территории РФ, районировано 2 сорта ежевики и 86 сортов малины. По прогнозам в ближайшем будущем будет увеличиваться потребление малины, поскольку ее значение в ежедневном рационе питания возрастает [6, 8]. Согласно приказу Минздравсоцразвития от 2 августа 2010 года № 593н в Российской Федерации рекомендуемый медицинский уровень потребления плодов и ягод составляет 90-100 кг на человека в год. В 2017 году фактическое потребление составило 59 кг на душу населения, при этом в продовольственной корзине удельный вес импортной продукции составлял 72,3%. Для сравнения этот показатель в Италии составляет 149 кг, в Нидерландах – 167 кг, в Австрии – 152 кг, в Великобритании – 128 кг на человека в год. Необеспеченность внутреннего рынка плодами и ягодами отечественного производства дает возможность практически беспрепятственно заполнять его зарубежной продукцией. За 2000-2013 годы импорт плодово-ягодной продукции увеличился с 5,7 до 7,2 млн т, затем, после введения международных санкций, в 2017 году снизился до 6,7 млн т. [10]. По данным FAO, в 2017 году в мире произведено 812,7 тыс. т ягод малины на площади 118,2 тыс. га. Основными производителями являются такие страны: в Европе – РФ – 146,4 тыс. т, Польша – 104,5 тыс. т, Сербия – 109,7 тыс. т; на американском континенте – США – 106,1 тыс. т, Мексика – 120,2 тыс. т [22].

Анализ современного состояния питомниководства свидетельствует, что отечественный посадочный материал высших категорий качества при существующей материально-технической базе в кратчайшие сроки получить невозможно. В то же время наблюдается рост импорта посадочного материала, и крайне высока конкуренция со стороны иностранных производителей посадочного материала [10]. Клональное микроразмножение – современный интенсивный способ массового бесполого размножения растений в культуре тканей, при котором полученные растения генетически идентичны исходному экземпляру [17]. При его использовании происходит освобождение тканей микропобегов от возбудителей многих заболеваний, снижающих урожайность до 30-80% [21]. Что очень актуально для растений рода *Rubus* L., так как из всех ягодных культур, представленных в средней полосе РФ, они наиболее сильно поражаются грибными и вирусными инфекциями, которые наносят ощутимый урон и значительно снижают урожайность и долговечность растений [9, 20, 19]. Несмотря на то, что исследования по микроразмножению малины проводятся довольно давно, в литературе мало данных о ее вегетативной продуктивности в условиях открытого и закрытого грунта после размножения в культуре *in vitro* [12].

Использование различных типов укрытий позволяет существенно продлить период потребления свежих ягод малины. Производство внесезонной десертной продукции малины получило широкое распространение в развитых сельскохозяйственных странах мира [18]. В литературных источниках имеются сведения о возможности производить ягодную продукцию малины в несезонное время в зимних отапливаемых и не отапливаемых теплицах, а также в высоких пленочных туннелях [1, 5, 10, 16, 18]. Данная технология получила широкое распространение среди фермеров США, Нидерландов, Италии, Польши и Украины, но в условиях Нечерноземной зоны России она мало изучена. В последнее время в России возник интерес к внесезонной ягодной продукции малины [1, 11], что имеет большие перспективы для развития промышленного садо-

водства, так как в связи с введением продовольственного эмбарго в августе 2014 года большое внимание в настоящее время уделяется вопросам импортозамещения и увеличения производства отечественной продукции. Недостатком импортной продукции малины, помимо неоправданно высокой стоимости, является ее низкое качество, так как при длительной транспортировке часть ягод покрывается плесенью и загнивает. Однако спрос на свежие ягоды малины актуален в любое время года, особенно для ресторанного бизнеса.

Цель исследования – разработать элементы технологии несезонного производства ягодной продукции малины красной с традиционным и ремонтантным типом плодоношения в условиях зимних отапливаемых теплиц.

Методика исследований

Опыты проводили в лаборатории клонального микроразмножения садовых растений РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. При изучении особенностей несезонного получения ягодной продукции малины красной объектами исследований служили растения малины с ремонтантным (сорта Оранжевое чудо и Брянское диво) и традиционным (сорт Вольница) типом плодоношения. При выгонке малины красной использовали растения, размноженные корневыми отпрысками (контроль) и методом клонального микроразмножения, выращенные в открытом и защищенном грунте. В открытый грунт на доращивание опытные растения, размноженные *in vitro* и корневыми отпрысками (контроль), были высажены в середине мая (16.05.).

В середине октября (15.10.) растения пересадили в контейнеры объемом 10 л и перенесли в условия защищенного грунта. Для выгонки растений, размноженных методом клонального микроразмножения и выращенных в открытом грунте, использовали растения с 4-5 побегами замещения, высотой 90-100 см, с диаметром побегов в зоне условной корневой шейки 0,7-1,0 см у ремонтантных сортов и 0,6-0,9 см у сорта с традиционным типом плодоношения. Растения в контроле размноженные корневыми отпрысками и выращенные в открытом грунте отличались более слабым развитием и использовали с 1-2 побегами замещения, высотой 60-90 см, с диаметром побегов в зоне условной корневой шейки 0,5-0,7 см. Корневища перед посадкой в контейнеры обрезали до 30 см. В качестве субстрата использовали смесь переходного обогащенного торфа «Пельгорское-М» и компост. Через 3 недели после пересадки в контейнеры, растения выставляли в холодильный отсек с температурой 1...5°C.

Известно, что ремонтантные сорта малины, способны плодоносить как на двухлетних ветвях (первый урожай), так и на однолетних побегах (второй урожай). Поэтому было важно выяснить целесообразность получения ягод с побегов разного возраста. Для выгонки растения малины ремонтантной (сорта Брянское диво и Оранжевое чудо) выставляли в зимнюю отапливаемую теплицу 20.01., при этом производили нормировку побегов замещения надземной системы: без нормировки, 3 побега на растение, полная обрезка надземной системы, количество побегов у растений в контроле не нормировали.

Малину с традиционным типом плодоношения (сорт Вольница) выставляли в зимнюю отапливаемую теплицу в три срока: 20.01., 10.02., 02.03. Температурный режим поддерживали в пределах 15...20°C, световой день 12 часов, полив производили 2 раза в неделю до влажности субстрата 80-85% от ППВ.

Учеты прохождения фенологических фаз развития и поступления урожая производили в течение 3 месяцев через каждые 5 дней. Изучаемыми фенологическими фазами были: выдвижение соцветий; обособление бутонов; начало цветения; завязывание ягод; созревание ягод.

При этом учитывали количество латералов, соцветий, бутонов, завязей, созревших ягод, определяли среднюю массу 1 ягоды, а затем делали перерасчет урожайности на единицу площади 1 м². Повторность опытов трехкратная по 6 контейнеров в каждой повторности. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову В.А. с использованием программы Excel (2007) и методических материалов [13, 14].

Результаты исследований и их обсуждение

При выгонке малины ремонтантной сорта Оранжевое чудо во всех вариантах опыта, независимо от способа размножения и места доращивания, за исключением варианта с полной обрезкой надземной системы, начало выдвижения соцветий отмечено на 20 день выгонки, а начало созревания ягод – на 75 день. В варианте, где растения были размножены *in vitro* и доращивались в открытом грунте, с полной обрезкой надземной системы наступление данных фенологических фаз произошло на 40 и 100 день.

Наилучшая средняя урожайность с 1 м² площади теплиц отмечена у растений, размноженных *in vitro* и выращенных в открытом грунте с нормировкой по 3 побега на растение, где средняя урожайность в 2 раза превысила показатели контроля и составила 1538,6 г/м² против 742,4 г/м².

В варианте, где растения были размножены *in vitro* и выращены в защищенном грунте, отмечена динамика второй волны цветения и созревания ягод, однако в этом случае урожайность была незначительна и составила 11,4 г/м², что в 65 раз ниже контроля.

Как и следовало ожидать, при плодоношении ремонтантных сортов малины на побегах 1-го года масса ягод выше, чем при плодоношении на побегах 2-го года. Наибольшая средняя масса ягод отмечена в варианте с растениями, размноженными *in vitro*, с полной обрезкой надземной системы перед выгонкой, и составила 2,09 г против 1,08 г в контроле. Однако урожайность растений в данном варианте почти в 7 раз уступала растениям, плодо-

носящим на побегах 2-го года (223,8 г против 1538,6 г/м²) (табл. 1, рис. 1, рис. 3).

При получении несезонной ягодной продукции малины ремонтантной сорта Брянское диво в варианте с полной обрезкой надземной системы также отмечены более поздние сроки начала выдвижения соцветий (на 50 дней позже по сравнению с вариантом, где применяли нормировку побегов), а начало плодоношения на 75 дней позже по сравнению с вариантом с нормировкой побегов, продолжительность плодоношения составила всего 10 дней, а суммарная урожайность была незначительной – 94 г/м².

В варианте с нормировкой надземной системы отмечено две волны плодоношения. Первая в марте-апреле на двухлетних побегах и вторая – в мае-июне на однолетних побегах. За весь период выгонки урожайность данного варианта составила 1285,3 г/м² и почти в 2 раза превосходила показатели контроля. Следует отметить, что наибольшая величина ягод отмечена во вторую волну плодоношения (рис. 2, рис. 4).

Дисперсионный анализ данных по итогам выгонки малины ремонтантной сортов Оранжевое чудо и Брянское диво показал достоверность влияния способов размножения и доращивания растений на среднюю массу ягод и урожайность растений (табл. 1).

Известно, что с помощью технологии клонального микроразмножения можно освободить ткани растений от многих патогенов, которые снижают урожайность на 30-80% и более, а реувенилизация организма после культуры *in vitro* ускоряет переход к репродуктивной фазе развития [1, 4] этим и объясняется преимущество растений, размноженных *in vitro*.

Традиционно малину ремонтантную используют в однолетней культуре для получения позднелетнего или раннеосеннего урожая. Наши исследования были посвящены получению несезонной продукции малины ремонтантной, как на однолетних, так и на двухлетних побегах. Возможно, быстрое вступление двухлетних побегов в фазы цветения и созревания ягод связано с высокой степенью дифферен-

Таблица 1. Показатели эффективности несезонного получения ягодной продукции малины ремонтантной в условиях защищенного грунта

Table 1. Efficiency indicators of non-seasonal production of remontan raspberry berry products in protected ground

Вариант	Начало цветения, день	Начало созревания ягод, день	Средняя масса 1 ягоды, г	Урожайность за период выгонки, г/м ²
сорт Оранжевое чудо				
Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)	40	75	1,08	742,4
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с полной обрезкой надземной части	60	100	2,09	223,8
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с нормировкой надземной части (3 побега на растение)	30	75	1,48	1538,6
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте без обрезки надземной части	40	75	1,26	11,4
НСР ₀₅	-	-	0,50	232,0
сорт Брянское диво				
Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)	40	75	1,35	686,6
Растения, размноженные <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с полной обрезкой надземной части	100	135	1,96	94,0
Растения, размноженные <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с нормировкой надземной части (3 побега на растение)	30	60	2,15	1285,3
Растения, размноженные <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте без обрезки надземной части	40	80	2,09	206,9
НСР ₀₅	-	-	0,6	166,7

Начало выгонки 20.01.

Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)																																	
	январь			февраль				март							апрель							май							июнь				Ур-ть г/м2
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150			
Выдвижение соцветий																																	
Обособление бутонов																																	
Начало цветения																																	
Завязывание ягод																																	
Созревание ягод																																	
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																															742,4 / 1,08		
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с полной обрезкой надземной части																																	
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150			
Выдвижение соцветий																																	
Обособление бутонов																																	
Начало цветения																																	
Завязывание ягод																																	
Созревание ягод																																	
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																															223,8 / 2,09		
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте с нормировкой надземной части (3 побега на растение)																																	
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150			
Выдвижение соцветий																																	
Обособление бутонов																																	
Начало цветения																																	
Завязывание ягод																																	
Созревание ягод																																	
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																															1538,6 / 1,48		
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте без обрезки надземной части																																	
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150			
Выдвижение соцветий																																	
Обособление бутонов																																	
Начало цветения																																	
Завязывание ягод																																	
Созревание ягод																																	
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																															11,4 / 1,26		

Рис. 1. Прохождение фенологических фаз при получении несезонной ягодной продукции малины ремонтантной сорта Оранжевое чудо
 Fig. 1. Passage of phenological phases upon receipt of non-season berry products of raspberries of a repairing variety Orangevoo Chudo

циации почек и ускоренным ростом заложенных генеративных органов.

Помимо этого, продолжительность каждого отдельного этапа развития растений обуславливается с одной стороны наследственными свойствами и с другой, условиями формирования, весь процесс дифференциации органов плодоношения осуществляется за счет веществ, накопленных в течение вегетационного периода ассимилирующим аппаратом. Вероятно, при выращивании в открытом грунте растения подвергались воздействию абиотических факторов характерных для их естественного развития. Помимо этого, проведенная нормировка побегов способствовала перераспределению пластических веществ и повышению количества формирующегося урожая.

Малину с традиционным типом плодоношения сорта Вольница выставляли на выгонку в 3 срока. При 1 сроке выгонки (20.01.) отмечено преимущество варианта, где растения были размножены *in vitro* и доращивались в открытом грунте. Начало фазы выдвижения соцветий в данном варианте наступило на 20 день выгонки, а начало созревания ягод – на 75 день выгонки, что на 10 и 5 дней раньше, чем в контроле. А урожайность за весь период выгонки в данном случае в 5,6 раз превысила значение контроля и составила 1122,8 г/м² против 199,7 г/м². Доращивание растений в закрытом грунте перед выгонкой на ягодную продукцию не перспективно. Вероятно, это связано с условиями выращивания, так как в летний период в культивационных сооружениях наблюдаются повышенные среднесуточные температуры, вызывающие перегрев корневой и надземной системы и тем самым нарушаются процессы роста растений и дифференцировки их генеративных органов (табл. 2).

При 2 сроке начала выгонки (10.02.) также отмечено преимущество варианта, где растения были размножены *in vitro* и доращивались в открытом грунте. Начало выдвижения соцветий наступило на 20 день, а начало созревания ягод – на 65 день, однако следует отметить, что в данном случае суммарная урожайность была не высока и составила 457,2 г/м². Созревание ягод также было отмечено в варианте, где растения доращивались в защищенном грунте, однако суммарная урожайность в данном случае была незначительной – 74,5 г/м² (табл. 2). Возможно, это связано с температурными условиями, так как в начале апреля теплицы были отключены от отопления и ночью наблюдались температуры 3...8°C, а днем – 10...15°C, что не соответствует оптимальным температурным условиям для возделывания малины (ночью – 10...15°C, днем – 18...20°C [18]), что привело отрицательно сказаться на опылении и завязывании ягод.

Оценивая данные, полученные при 3-м сроке выгонки (02.03.), как и в двух предыдущих случаях, отмечено явное преимущество варианта с доращиванием растений, размноженных *in vitro* перед выгонкой в открытом грунте (табл. 2). Этого и следовало ожидать, так как известно, что метод клонального микроразмножения способствует ювенилизации растительных тканей и увеличению урожайности и коэффициента размножения *ex vitro* растений [3]. Однако в литературных источниках очень мало сведений о продуктивности растений малины, размноженных *in vitro*, тем более при получении несезонной продукции.

Для большей наглядности мы объединили все лучшие варианты данного эксперимента, сравнивая их по трем срокам начала выгонки. Следует констатировать явное преимущество 1-го и 3-го сроков выгонки, где суммарная

Начало выгонки 20.01.

Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)																																		
день выгонки	январь			Февраль				март							апрель						май						июнь				Ур-ть г/м2			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150				
Выдвижение соцветий																																		
Обособление бутонов																																		
Начало цветения																																		
Завязывание ягод																																		
Созревание ягод																																		
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г															686,6 / 1,35												686,6 / 1,35							
Растения размножены in vitro с доращиванием в открытом грунте с полной обрезкой надземной части																																		
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150				
Выдвижение соцветий																																		
Обособление бутонов																																		
Начало цветения																																		
Завязывание ягод																																		
Созревание ягод																																		
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																					94,0 / 1,96						94,0 / 1,96							
Растения размножены in vitro с доращиванием в открытом грунте с нормировкой надземной части (3 побега на растение)																																		
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150				
Выдвижение соцветий																																		
Обособление бутонов																																		
Начало цветения																																		
Завязывание ягод																																		
Созревание ягод																																		
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г								167,1 / 1,32							262,1 / 1,53						373,1 / 3,18						482,9 / 1,96				1285,3 / 2,15			
Растения размножены in vitro с доращиванием в защищенном грунте без обрезки надземной части																																		
день выгонки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150				
Выдвижение соцветий																																		
Обособление бутонов																																		
Начало цветения																																		
Завязывание ягод																																		
Созревание ягод																																		
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г															206,9/2,09												206,9/2,09							

Рис. 2. Прохождение фенологических фаз при получении несезонной ягодной продукции малины ремонтантной сорта Брянское диво
Fig. 2. Passage of phenological phases upon receipt of non-season berry products of raspberries of a repairing variety Bryanskoe divo



a



b

Рис. 3. Плодоносящие растения ремонтантной малины сорта Оранжевое чудо размноженных *in vitro* с доращиванием в открытом грунте: а – с полной обрезкой надземной части, б – с нормировкой надземной части
Fig. 3. Fruiting plants of remontant raspberries of the Orangevoe Chudo variety propagated *in vitro* with growing in open ground: a - with a full crop of the aerial part, b - with the normalization of the aerial part



a



b

Рис. 4. Плодоносящие растения ремонтантной малины сорта Брянское диво размноженных *in vitro* с доращиванием в открытом грунте: а – с полной обрезкой надземной части, б – с нормировкой надземной части
Fig. 4. Fruiting plants of remontant raspberries of the Bryanskoe divo variety propagated *in vitro* with growing in open ground: a - with a full crop of the aerial part, b - with the normalization of the aerial part

урожайность составила 1122,8 и 1182,1 г/м². Причем при первом сроке (конец января) выдвижение соцветий наступило на 20 день, а в третьем сроке (начало марта) – на 10 день. Что касается созревания ягод, то при первом сроке (конец января) плодоношение было растянуто на 65 дней и продолжалась с начала апреля до конца мая, причем урожайность в каждом месяце была примерно одинаковой и составила 503,4 и 513,4 г/м². В варианте с 3 сроком выгонки период плодоношения был более сжатым и составил всего 40 дней в мае, а суммарная урожайность при этом составила - 1182,1 г/м². Очевидно, это связано с тем, что в процессе хранения идет дифференциация цветковых почек. При 3 сроке выгонки она была более продолжительной, что сказалось на начале цветения. Кроме того, развитие растений при 3 сроке выгонки попадает в лучшие температурные условия, что сказывается на урожайности растений (рис. 5,6). Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что на урожайность растений в большей мере (74%) влияет фактор b, а именно способ размножения и доращивания растений перед выгонкой (табл. 2).

Выводы

1. Установлена целесообразность выгонки двулетних побегов малины ремонтантной, размноженных *in vitro*, прошедших доращивание в открытом грунте. В конце вегетационного периода растения пересаживают в контейнеры объемом 10 л, далее для прохождения периода покоя перемещают в холодильный отсек и перед переносом на выгонку в теплицу делают нормировку, оставляя 3 побега на растение. При этом у сорта Оранжевое чудо ягоды начали созревать на 75 день и длительность периода созревания ягод составила 35 дней, в течение которых было собрано 1538,6 г/м², а у сорта Брянское диво отмечено более раннее созревание ягод – на 60 день и длительный период созревания ягод – 75 дней, в течение которых было собрано 1285,3 г/м².

2. Показана эффективность выгонки малины с традиционным типом плодоношения, размноженных *in vitro*,

прошедших доращивание в открытом грунте. В конце вегетационного периода растения пересаживают в контейнеры объемом 10 л, далее для прохождения периода покоя перемещают в холодильный отсек. Далее для длительного и равномерного поступления ягодной продукции (в течение 60 дней в апреле-мае, около 500-600 г/м² в месяц) растения необходимо выставить на выгонку в третьей декаде января. А для более кратковременного и массового плодоношения (в течение 40 дней в мае, около 1000-1200 г/м²) выгонку необходимо начинать в первой декаде марта.

Findings

1. The expediency of distillation of biennial shoots of raspberry remontant, propagated *in vitro*, which have been grown in open ground, has been established. At the end of the growing season, the plants are transplanted into containers with a volume of 10 l, then to pass the dormant period, they are transferred to the refrigerator compartment and before transferring for distillation into the greenhouse, they normalize, leaving 3 shoots per plant. At the same time, in Orangevoe Chudo variety, the berries began to ripen on day 75 and the duration of the ripening period was 35 days, during which 1538.6 g / m² was harvested, while in the Bryanskoe Divo variety, earlier ripening of berries was observed on day 60 and a long ripening period of berries 75 days during which 1285.3 g / m² was collected.

2. The efficiency of distillation of raspberries with a traditional type of fruiting, propagated *in vitro*, undergoing growing in open ground is shown. At the end of the growing season, plants are transplanted into containers of 10 l, then to pass the dormant period, they are transferred to the refrigerator compartment. Further, for a long and uniform supply of berry products (within 60 days in April-May, about 500-600 g / m² per month), plants must be put up for distillation in the third decade of January. And for a more short-term and massive fruiting (within 40 days in May, about 1000-1200 g / m²), distillation must begin in the first decade of March.

Таблица 2. Оценка эффективности несезонного получение ягодной продукции малины с традиционным типом плодоношения сорта Вольница в условиях защищенного грунта в зависимости от сроков начала выгонки
Table 2. Evaluation of the effectiveness of non-seasonal production of raspberry berry products with the traditional type of fruiting of the Volnitsa variety in protected ground conditions, depending on the timing of the start of distillation

Вариант (фактор b)	Начало цветения, день	Начало созревания ягод, день	Средняя масса 1 ягоды, г	Урожайность за период выгонки, г/м²
	Начало выгонки (20.01.) (фактор a)			
Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)	50	80	1,42	199,7
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте	40	75	1,38	1122,8
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте	-	-	-	-
	Начало выгонки (10.02.) (фактор a)			
Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)	-	-	-	-
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте	35	65	1,52	457,2
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте	40	70	1,46	74,5
	Начало выгонки (02.03.) (фактор a)			
Растения размножены корневыми отпрысками (контроль)	50	95	1,08	87,7
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в открытом грунте	25	60	1,40	1182,1
Растения размножены <i>in vitro</i> с доращиванием в защищенном грунте	-	-	-	-
НСР ₀₅ a	-	-	-	88,3
НСР ₀₅ b	-	-	0,3	88,3
НСР ₀₅ ab	-	-	0,7	206,9

Вольница (растения размножены *in vitro* с доращиванием в открытом грунте)

Начало выгонки 20.01.2015	январь			февраль				март					апрель						май						июнь				Ур-ть г/м2		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140		145	150
Выдвижение соцветий																															
Обособление бутонов																															
Начало цветения																															
Завязывание ягод																															
Созревание ягод																															
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																															

Начало выгонки 10.02.2015	февраль			март							апрель							май							июнь		Ур-ть г/м2
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120			
Выдвижение соцветий																											
Обособление бутонов																											
Начало цветения																											
Завязывание ягод																											
Созревание ягод																											
Ур-ть г/м2 / сред масса 1 ягоды, г																											

[illegible]

Рис. 5. Сравнительный анализ прохождения фенологических фаз сорта малины обыкновенной Вольница по трем срокам выгонки

Fig. 5. Comparative analysis of the passage of the phenological phases of the raspberry variety Volnitsa over three periods of distillation



a



b



c



d

Рис. 6. Плодоносящие растения малины с традиционным типом плодоношения сорта Вольница размноженных *in vitro* с доращиванием в открытом грунте на 70 день выгонки: b – начало выгонки (20.01.), c – начало выгонки (10.02.), d – начало выгонки (02.03.); a – контроль, размноженный корневыми отпрысками
Fig. 6. Fruiting raspberry plants with the traditional type of fruiting varieties Volnitsa propagated *in vitro* with growing in open ground on the 70th day of distillation: b – the beginning of distillation (20.01.), c – the beginning of distillation (10.02.), d – the beginning of distillation (02.03.); a – control propagated by root offspring

Об авторах:

Акимова Светлана Владимировна – доцент кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, вед. н.с. лаб. плодородства факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, кандидат с.-х. наук, доцент, e-mail: asvl1@yandex.ru

Викулина Александра Николаевна – доцент кафедры плодородства, виноградарства и виноделия факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, кандидат с.-х. наук, e-mail: avikulina@rgau-msha.ru

Деменко Василий Иванович – профессор кафедры плодородства, виноградарства и виноделия факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: asvl1@yandex.ru

Киркач Вадим Валерьевич – соискатель кафедры плодородства, виноградарства и виноделия факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, e-mail: kirkach93@mail.ru

Аладина Ольга Николаевна – консультант диссертационных советов, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: alberry7@yandex.ru

Стрелец Виктор Дмитриевич – вед. н.с. лаборатории плодородства факультета Садоводства и ландшафтной архитектуры, доктор с.-х. наук, профессор, e-mail: asvl1@yandex.ru

Паничкин Леонид Александрович – профессор кафедры физиологии растений факультета Агрономии и биотехнологии, доктор биол. наук, профессор, e-mail: leon.pani4kin@yandex.ru

About the authors:

Svetlana V. Akimova – associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, leading researcher laboratory of fruit growing, faculty of Horticulture and landscape architecture, PhD (Agriculture), associate Professor, e-mail: asvl1@yandex.ru

Alexandra N. Vikulina – associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking of Horticulture and landscape architecture, PhD (Agriculture), associate Professor; e-mail: avikulina@rgau-msha.ru

Vasily I. Demenko – Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking of Horticulture and landscape architecture, Doctor of Sci. (Agriculture), Professor, e-mail: asvl1@yandex.ru

Vadim V. Kirkach – researcher of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, faculty of Horticulture and landscape architecture, e-mail: kirkach93@mail.ru

Olga N. Aladina – consultant, dissertation advice, Doctor of Sci. (Agriculture), Professor, e-mail: alberry7@yandex.ru

Victor D. Strelets – leading researcher laboratory of fruit growing, faculty of Horticulture and landscape architecture, Doctor of Sci. (Agriculture), Professor, e-mail: asvl1@yandex.ru

Leonid A. Panichkin – Professor of Department of Plant Physiology, Faculty of Agronomy and Biotechnology, Doctor of Sci. (Biology), Professor, e-mail: leon.pani4kin@yandex.ru

• Литература

- Hedtrich, T. Gewebekulturs Reistrauchbeerenobst und Resultatein der Paxis an Wendung. Rheinische Monatsachenrift. 1983;71(2):52–54.
- Koester K., Pritts M. Greenhouse Raspberry Production Guide. For winter or year-round production. Department of Horticulture. Publication, 2003. 38 p.
- Kristensen, H.R. Virus diseases of horticultural crops international cooperation organized by ISHS. Cronica Horticultural. 1986;26(2).
- Pliego-Alfaro, F.J. Development of in vitro rooting bioassay using juvenile stem cuttings of *Persea americana* Mill. Hort Sci. 1988;63(2):295–301.
- Pritts M.P. Growing winter raspberries in a greenhouse Fruit Notes. 2000;65:20–21.
- Hall H.K., Hummer K.E., Jamieson A.R. et al. Raspberry Breeding and Genetics. Plant breeding reviews. 2009;(32):382.
- Аладина О.Н., Акимова С.В., Викулина А.Н., Никиточкин Д.Н. Особенности роста, плодоношения и агротехники нетрадиционных ягодных культур. Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2013. 129 с.
- Андрусик Ю.Ю. Повышение экономической эффективности производства малины за счет использования ремонтантных сортов/ Андрусик Ю.Ю. Плодородство и ягодоводство России. 2014;38(1):35–40.
- Артамонова Г.А., Бямбауренштейн О. Особенности клонального размножения садовой и лесной земляники в условиях длительного культивирования на питательных средах. Биология культивируемых клеток и биотехнология. Тезисы докладов. Междуна. научная конференция 2–6 августа 1988. Новосибирск. 1988. С.394.
- Багиров В.А., Трешкин С.Е. Информационная справка о состоянии садоводства в Российской Федерации. Письмо Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию от 8 февраля 2019 года. №3.7-11/368.
- Викулина А.Н. Адаптация растений рода *Rubus* L., размноженных in vitro, и оценка их последующего развития. Автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева. Москва, 2016. 26 с.
- Волосевич Н.Н., Кухарчик Н.В., Сидоренко Т.Н., Левзикова Е.Г. Вегетативная продуктивность растений малины (*Rubus idaeus* L.) после культивирования in vitro. Весті Національної академії наук України. Серія аграрних наук. 2014;1:53–56.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 423 с.
- Исачкин А.В., Крючкова В.А. Основы научных исследований в садоводстве: Рабочая тетрадь. 3-е изд., исправл. и доп. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 94 с.
- Казakov И.В., Айтжанова С.Д., Евдокименко С.Н., Кулагина В.Л., Сазонов Ф.Ф. Ягодные культуры в Центральном регионе России. Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2009. 208 с.
- Казakov И.В., Сидельников А.И., Степанов В.В. Ремонтантная малина в России. Челябинск: ООО «НПО «Сад и огород», 2007. 144 с.
- Кефели В.И. Рост растений и природные регуляторы. Физиология растений. 1978;25(5):975–981.
- Легкая Л.В., Радкевич Д.Б., Емельянова О.В. Возделывание малины и ежевики в защищенном грунте. В сборнике: Плодородство Сборник научных трудов. Самохваловичи. Беларусь, 2013. С.521–532.
- Упадышев М.Т. Вирусные болезни и оздоровление нетрадиционных ягодных и плодовых культур. Плодородство и ягодоводство России. 1996. Т. III. С.102.
- Упадышев М.Т. Клональное микроразмножение некоторых нетрадиционных культур рода *Rubus*. Ягодоводство в Нечерноземье. М.: ВСТИСП, 1993. С.10–18.
- Чайлахян М.Х. Роль регуляторов роста в жизни растений и практике сельского хозяйства. Изв. АН СССР. Сер. Биол., 1982;(1):20–25.
- Кноема [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knoema.com/data/production/raspberries>

• References

- Hedtrich, T. Gewebekulturs Reistrauchbeerenobst und Resultatein der Paxis an Wendung. Rheinische Monatsachenrift. 1983;71(2):52–54.
- Koester K., Pritts M. Greenhouse Raspberry Production Guide. For winter or year-round production. Department of Horticulture. Publication, 2003. 38 p.
- Kristensen, H.R. Virus diseases of horticultural crops international cooperation organized by ISHS. Cronica Horticultural. 1986;26(2).
- Pliego-Alfaro, F.J. Development of in vitro rooting bioassay using juvenile stem cuttings of *Persea americana* Mill. Hort Sci. 1988;63(2):295–301.
- Pritts M.P. Growing winter raspberries in a greenhouse Fruit Notes. 2000;(65):20–21.
- Hall H.K., Hummer K.E., Jamieson A.R. et al. Raspberry Breeding and Genetics/ Plant breeding reviews. 2009;(32):382.
- Aladina O.N., Akimova S.V., Vikulina A.N., Nikitochkin D.N. Growth characteristics, fruiting and farming non-traditional crops. Textbook. M.: publishing house of Russian state agrarian University Moscow agricultural Academy, 2013. 129 p.
- Andrusik Yu. Yu. Improving the economic efficiency of raspberry production through the use of repair varieties. Fruit growing and berry growing in Russia. 2014;38(1):35–40.
- Artamonova G.A., Bambaurenstein O. Features of clonal propagation of garden and forest strawberries under conditions of long-term cultivation on nutrient media. Biology of cultured cells and biotechnology. Abstracts. Int. Scientific Conference August 2–6, 1988. Novosibirsk, 1988. P.394.
- Bagirov V.A., Treshkin S.E. Information note on the state of horticulture in the Russian Federation. Letter of the Committee of the Council of the Federation on Agrarian and Food Policy and Environmental Management of February 8, 2019. No. 3. 7–11 / 368.
- Vikulina A.N. Adaptation of plants of the genus *Rubus* L. propagated in vitro and evaluation of their subsequent development. Abstract of thesis. ... candidate of agricultural sciences. Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. Moscow, 2016. 26 p.
- Volosevich N.N., Kuharchik N.V., Sidorenko T.N., Levzikova E.G. Vegetative productivity of raspberry plants (*Rubus idaeus* L.) after in vitro cultivation. Vesci Natsyionalnay akademii navuk Belarusi. - Series of agricultural sciences. 2014;(1):53–56.
- Dospikhov B.A. The methodology of field experience. M., Kolos. 1985. 423 p.
- Isachkin A.V., Kryuchkova V.A. Fundamentals of scientific research in horticulture: Workbook. 3rd ed., Corrected. and add. M.: Publishing House of the RSAU-MSHA, 2015. 94 p.
- Kazakov I.V., Aitzhanova S.D., Evdokimenko S.N., Kulagina V.L., Sazonov F.F. Berry crops in the Central region of Russia. Bryansk: Publishing House of the Bryansk State Agricultural Academy, 2009. 208 p.
- Kazakov I.V., Sidelnikov A.I., Stepanov V.V. Repairing raspberries in Russia. Chelyabinsk: LLC NPO Sad and Ogorod, 2007. 144 p.
- Kefeli V.I. Plant growth and natural regulators. Plant Physiology. 1978;25(5):975–981.
- Easy L.V., Radkevich D.B., Emelyanova O.V. The cultivation of raspberries and blackberries in protected ground. In the collection: Fruit growing. Collection of scientific papers. Samokhvalovich, Belarus, 2013. P.521–532.
- Upadyshev M.T. Viral diseases and the improvement of non-traditional berry and fruit crops. Fruit growing and berry growing in Russia. 1996;(III):102.
- Upadyshev M.T. Clonal micropropagation of some non-traditional cultures of the genus *Rubus*. Horticulture in the Non-Black Earth Region. M.: VSTISP, 1993. P.10–18.
- Chaylakhyan M.Kh. The role of growth regulators in plant life and agricultural practice. / Chaylakhyan M.Kh. Izv. USSR Academy of Sciences. Ser. Biol. 1982;(1):20–25.
- Knoema [Electronic resource]. Access mode: <https://knoema.com/data/production/raspberries>

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-67-71>
УДК 634.722:631.526.325

Калинина О.В.,
Голяева О.Д.,
Панфилова О.В.

ФГБНУ Всероссийский НИИ
селекции плодовых культур
302530, Россия, Орловская область,
Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК
E-mail: kalinina@vniispk.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Калинина О.В., Голяева О.Д.,
Панфилова О.В. Селекционная оценка гибрид-
ной семьи смородины красной Беляя Потапенко
х ОС 1426-21-80. Овощи России. 2019;(5):67-71.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-67-71>

Благодарности. Работа выполнена при
поддержке гранта РНФ «Изучение генома
смородины (*Ribes L.*) с помощью ДНК
маркеров» № 18-76-0032.

Поступила в редакцию: 06.05.2019
Принята к печати: 16.07.2019
Опубликована: 25.10.2019

Olga V. Kalinina,
Olga D. Golyaeva,
Olga V. Panfilova

Russian Research Institute
of Fruit Crop Breeding (VNIISPK)
Zhilina, Orel region, Russia, 302530
E-mail: kalinina@vniispk.ru

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

For citation: Kalinina O.V., Golyaeva O.D.,
Panfilova O.V. Selection estimation of red currant
hybrid family 'Belaya Potapenko' x SS 1426-21-80.
Vegetable crops of Russia.
2019;(5):67-71 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-67-71>

Acknowledgment: This work was supported by
the grant of the RNF "Study of the currant genome
(*Ribes L.*) using DNA markers" № 18-76-0032.

Received: 06.05.2019
Accepted for publication: 16.07.2019
Accepted: 25.10.2019

Селекционная оценка гибридной семьи смородины красной Беляя Потапенко х ОС 1426-21-80



АННОТАЦИЯ

Актуальность. Одним из приоритетных направлений селекции ягодных культур является создание устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды сортов с высокими товарно-потребительскими качествами ягод, не уступающими лучшим западно-европейским сортам.

Материал и методика. Исследования проводили в 2017-2018 годах на селекционном участке смородины красной ФГБНУ ВНИИСПК (г. Орёл) 2012 года посадки, схема посадки 2,8 х 0,8 м. Объекты исследования – селекционная семья смородины красной 2466 (♀ Беляя Потапенко х ♂ ОС 1426-21-80) селекции ВНИИСПК, включающая 66 гибридных сеянцев. Родительские формы данной семьи отобраны в качестве источников важных хозяйственно-селекционных признаков. Сорт Беляя Потапенко – десертный вкус ягод, отборный сеянец 1426-21-80 – продуктивности и длиннокистности. Изучение гибридных сеянцев по хозяйственно-биологическим признакам осуществляли согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», раздел «Смородина, крыжовник и их гибриды» (1999).

Результаты. Потомство комбинации скрещивания Беляя Потапенко х ОС 1426-21-80 обладает высокой адаптивностью к почвенно-климатическим условиям выращивания, обеспечивающей хорошее развитие сеянцев и их высокую продуктивность. При скрещивании белоплодного сорта Беляя Потапенко с красноплодным ОС 1426-21-80 в потомстве отсутствуют сеянцы с белыми ягодами, что свидетельствует о том, что отцовская исходная форма является гомозиготной по доминантному гену, контролирующему красную окраску ягод. Гибридологический анализ показал, что при средней массе ягод родительских форм проявление этого признака в потомстве усилилось, доля крупноплодных сеянцев составила 18-37% в зависимости от года исследований. Оценка вкуса потомства данной семьи показала, что большая масса сеянцев имела промежуточный между родителями сладко-кислый вкус, часть гибридов уклонилась в сторону отцовской исходной формы с кислыми ягодами. Гибридная семья представляет селекционную ценность по выходу высокопродуктивных, крупноплодных и длиннокистных сеянцев, для улучшения вкуса необходима повторная гибридизация лучших сеянцев с источниками высоких вкусовых качеств ягод.

Ключевые слова: смородина красная, селекционная оценка, селекционная семья, родительские формы, гибридные сеянцы, масса ягод, плодоношение, длина кисти, вкус плодов, окраска ягод.

Selection estimation of red currant hybrid family 'Belaya Potapenko' x SS 1426-21-80

ABSTRACT

Relevance. One of the priority trends in berry crop breeding is to create highly adaptive and resistant to biotic and abiotic environmental factors varieties with high commodity and consumer quality of berries, not inferior to the best Western European varieties.

Material and methods. The research was conducted in 2017-2018 at VNIISPK (Orel) on the selection plot of red currants, planted in 2012, with a planting scheme 2.8 x 0.8 m. The research object was the selection red currant family 2466 (♀ Belaya Potapenko x ♂ SS 1426-21-80) of VNIISPK breeding in the amount of 66 hybrid seedlings. The parent forms of this family were selected as sources of valuable economical and breeding characters. The variety Belaya Potapenko has a dessert taste of berries, and the selected seedling 1426-21-80 was taken due to its productivity and long racemes. The economical and biological characters of the hybrid seedlings were studied according to the "Program and methods of fruit, berry and nut crops variety investigation", section "Currants, gooseberry and their hybrids" (1999).

Results. The progeny of the crossing combination Belaya Potapenko x SS 1426-21-80 is characterized by high adaptability to soil and climatic conditions of cultivation that provides good development of the seedlings and their high productivity. When crossing white-fruit Belaya Potapenko with red-fruit SS 1426-21-80, seedlings with white berries are absent in the offspring, which indicates that the paternal original form is homozygous for the dominant gene that controls the red color of the berries. Hybridological analysis showed that with medium weight of berries of parental forms, the manifestation of this trait in the offspring increased, the share of large-fruited seedlings was 18-37%, depending on the year of the study. The taste estimation of the off-spring of this family showed that a great amount of the seedlings had an intermediate sweet and sour taste, part of hybrids inherited sour taste from the paternal original parent. The hybrid family is valuable for the output of highly productive large-fruited seedlings with long racemes. Re-hybridization of the best seedlings with sources of high taste of berries is necessary to improve the taste.

Keywords: red currant, selection evaluation, selection family, parental forms, hybrid seedlings, berry weight, fruit bearing, raceme length, fruit taste, berry color.

Введение

Ягоды смородины красной, так же как фрукты и овощи, являются важным источником витаминов для организма человека [1]. В настоящее время вопросу потребления в пищу человеком свежих плодов, ягод и овощей уделяют повышенное внимание, создаются теории адекватного питания. Не случайно овощеводство и садоводство называют отраслями здоровья [2].

Потребность населения в экологически чистых и полезных для здоровья продуктах и современные требования производителей – основных поставщиков продукции для рынка, вносят определенные коррективы в требования к создаваемым сортам ягодных культур.

Во ВНИИ селекции плодовых культур с 1984 ведутся селекционные исследования по смородине красной, по результатам которых в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, включено 13 сортов, 7 сортов проходят государственное испытание.

Одним из приоритетных направлений селекции ягодных культур является создание устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды сортов с высокими товарно-потребительскими качествами ягод, не уступающими лучшим западно-европейским сортам.

В соответствии с долгосрочной селекционной программой изучения адаптивности сортов смородины красной и отборных форм института к местным почвенно-климатическим условиям в 2010 г. от целенаправленных скрещиваний генетически отдаленных форм получена гибридная семья 2466 (♀Белая Потапенко х ♂ОС 1426-21-80).

Родительские формы были использованы как источники хозяйственно полезных признаков:

- сорт Белая Потапенко (Красный крест Ч Красная сибирячка) – источник высоких товарных и вкусовых качеств ягод и устойчивости к мучнистой росе;
- ОС 1426-21-80 (82-4-11 х 78-2-118) – источник высокой продуктивности и длиннокистности [3].

Цель исследования

Провести изучение гибридных сеянцев семьи 2466 (♀Белая Потапенко х ♂ОС 1426-21-80) и выделить высокопродуктивные сеянцы с высокими товарно-потребительскими качествами ягод для дальнейшего селекционного и практического использования.

Материалы и методы

Объектами исследования является селекционная семья смородины красной 2466 (♀Белая Потапенко х ♂ОС 1426-21-80).

На селекционном участке ФГБНУ ВНИИСПК (г. Орёл) 2012 года посадки, схема посадки 2,8х0,8 м, в 2017-2018 годах было проведено изучение указанной гибридной семьи, включающей 66 гибридных сеянцев.

Учет общего состояния сеянцев, степень плодоношения, длину кисти, величину ягод смородины красной изучаемой гибридной семьи проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» раздел "Смородина, крыжовник и их гибриды" (1999) [4]. В полевых условиях в период полного созревания была дана органолептическая оценка вкуса ягод. Средняя масса ягоды

Таблица 1. Процентное распределение гибридных сеянцев семьи Белая Потапенко х ОС 1426-21-80 по общему состоянию и плодоношению
Table 1. Percentage allotment of hybrid seedlings of the family Belaya Potapenko x SS 1426-21-80 according to the general condition and fruiting

Год изучения Year of study	2017			2018		
Балл Point	1-2	3	4-5	1-2	3	4-5
% сеянцев с состоянием (балл) % of seedlings with the general condition (point)	0	4	96	0	8	92
% сеянцев с плодоношением (балл) % of seedlings with fruiting (point)	3	15	82	1	15	84

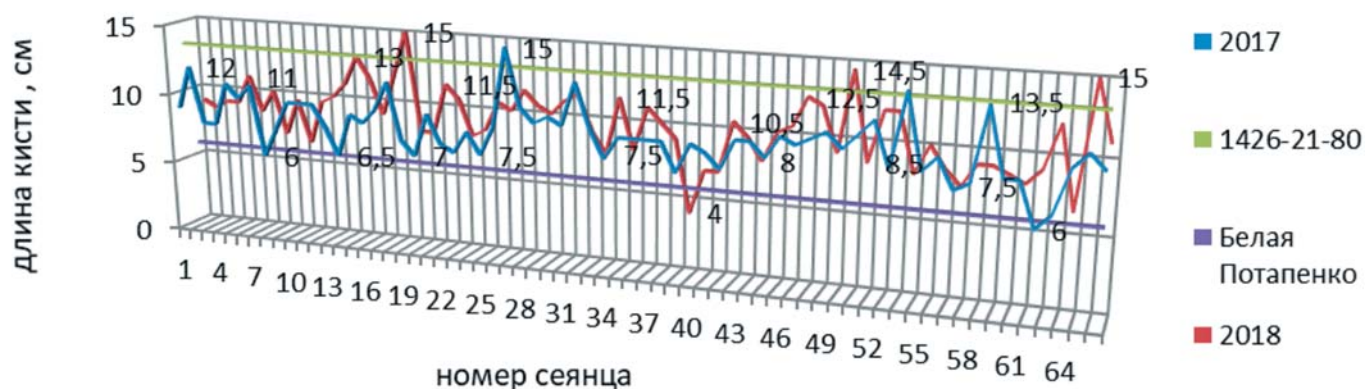


Рисунок 1. Варьирование длины кисти сеянцев семьи Белая Потапенко х ОС1426-21-80 (2017-2018 годы)
Fig. 1 Variation of raceme length of seedlings from the Belaya Potapenko x SS 1426-21-80 family (2017-2018)

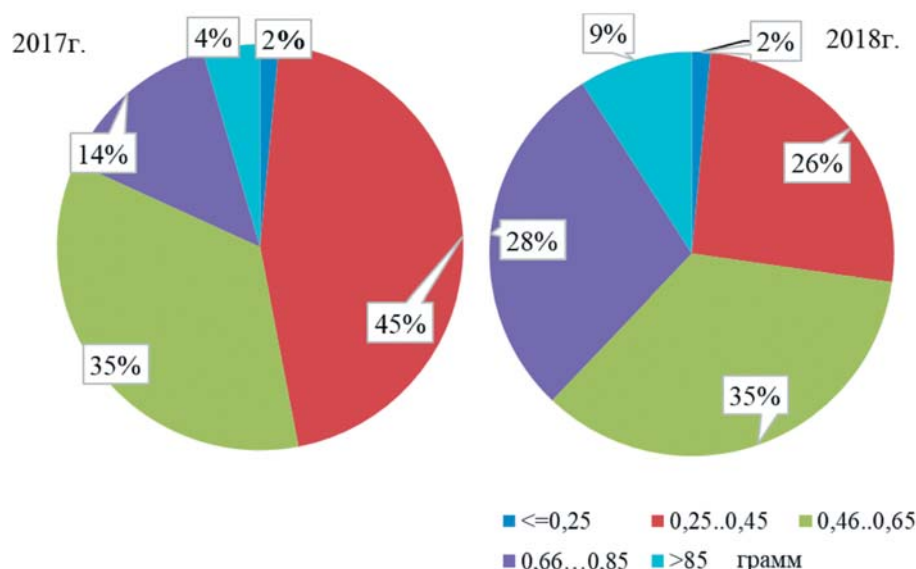


Рисунок 2. Распределение по массе ягод гибридного потомства в семье Белая Потапенко х ОС1426-21-80 (2017-2018 годы), %

Fig. 2. Allotment by berry weight of hybrid progeny in the Belaya Potapenko x SS 1426-21-80 family (2017-2018), %

Таблица 2. Распределение гибридных сеянцев семьи Белая Потапенко х ОС1426-21-80 по степени поражения (балл) листовыми пятнистостями (антракноз, септориоз)
Table 2. Allotment of hybrid seedlings of the family Belaya Potapenko x SS 1426-21-80 according to the damage with leaf spots (anthracnose, septoria leaf spot)

Листовые пятнистости Leaf spots								
Антракноз anthracnose					Септориоз septoria leaf spot			
Балл Point	0-1	1,5-2	2,5-3	4-5	0-1	1,5-2	2,5-3	4-5
2017 год, %	77	12	3	0	83	15	0	0
2018 год, %	23	26	9	0	47	37	3	0

определялась путем взвешивания в полевых условиях на портативных весах. Для определения массы ягоды применяли следующую ранжировку по массе 100 ягод: очень низкая <25 г, низкая 26-45 г, средняя 46-65 г, высокая 66-85 г, очень высокая > 85 г. Гидротермический коэффициент рассчитывали по формуле Селянинова.

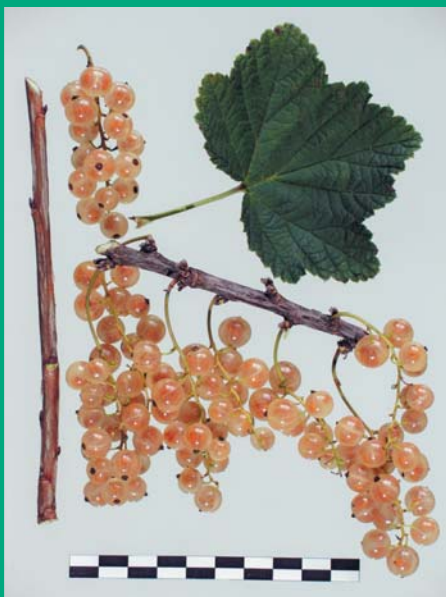
Оценка сеянцев по устойчивости к грибным болезням была проведена в полевых условиях в конце созревания урожая. Количество осадков и температурные показатели вегетационного периода представлены по данным метеопоста ВНИИСПК (д. Жилина, Орловский район). Гидротермический коэффициент рассчитывали по формуле Селянинова [5]. Статистическую обработку данных проводили согласно «Методике полевого опыта» [6] и с использованием программы MS Excel.

Результаты

Изучение гибридных сеянцев по хозяйственно-биологическим признакам в 2017-2018 годах показало соответствие прохождения фенологических фаз сезонным ритмам для ЦЧР. Результаты учета общего состояния и степени плодоношения гибридной семьи за изучаемый период показали, что растения находятся в среднем и хорошем состоянии, лишь незначительное количество сеянцев имеют низкую оценку общего состояния растений, сеянцы обладают высокой продуктивностью (табл. 1).



Цветение



Белая Потапенко



ОФ 1426-21-80



Плодоношение

В период созревания ягод 2017-2018 годов были проведены замеры длины кисти у гибридных сеянцев семьи 2466 (Белая Потапенко х ОС 1426-21-80).

На рисунке 1 хорошо виден широкий размах варьирования данного признака в семье: от 4,0 до 15 см, но основная часть сеянцев располагается в интервале 8,0-11,5 см, и только единичные сеянцы по длине кисти превышают отцовскую форму [7].

В данной семье окраска ягод меняется от светло-красной до тёмно-красной. Можно предположить, что данное варьирование окраски ягод зависит от погодных условий, количества теплых солнечных дней в период созревания плодов, благоприятствующих продуцированию антоцианов в кожице ягод [8]. В 2017-2018 годах значение суммы активных температур ($> 10^{\circ}\text{C}$) вегетационного периода (май – август) составило соответственно $1982,9^{\circ}\text{C}$ и $2156,9^{\circ}\text{C}$.

Масса ягоды у гибридов различалась по годам: у ряда сеянцев – существенно, у других – незначительно (рис. 2).

Крупных ягод с массой более 0,65 г в 2017 году было 18%; в 2018 году значительно больше – 37%. В потомстве семьи выщеплялось небольшое количество сеянцев с очень мелкими ягодами, их было всего 2,0%. Гибридологический анализ показал, что при средней массе ягод родительских форм (сорт Белая Потапенко и ОС 1426-21-80 имеют размер ягоды 0,60 г и 0,57 г соответственно), в потомстве треть сеянцев была на уровне родителей, 45-26% (в зависимости от года исследований) – с мелкими ягодами, 18-37% – крупноплодных [9]. Что определялось суммой осадков и температур за период созревания.

Оценка вкуса ягод потомства данной семьи показала, что часть гибридов уклонилась в сторону отцовской исходной формы, но имела промежуточный сладко-кислый вкус. Процентное преобладание сладко-кислого вкуса ягод сеянцев в 2018 году связано с повышенным температурным режимом – сумма активных температур $> 10^{\circ}\text{C}$ периода созревания ягод (3-я декада июня – 1-я декада июля) составила $374,5^{\circ}\text{C}$ против $345,2^{\circ}\text{C}$ в 2017 году [9]. Зависимость вкуса ягод от суммы активных температур отмечена и при изучении смородины черной [10].

В полевых условиях на естественном агрофоне была проведена оценка гибридных сеянцев по устойчивости к грибным болезням (антракноз и септориоз) (табл. 2).

Анализ по устойчивости семьи к листовым пятнистостям (антракнозу и септориозу) показал, что максимальная степень поражения сеянцев по семье – 3 балла. Изменчивость устойчивости по годам обычно связана с погодными условиями [11,12]. В 2017 году при значении индекса ГТК – 1,47 значение суммарных осадков вегетационного периода (май - август) составило 291,4 мм. В 2018 году при значении индекса ГТК – 0,95 значение суммарных осадков вегетационного периода (май - август) составило 204,6 мм. В более влажный 2017 год наблюдалось повышение степени поражения растений антракнозом. Выделены сеянцы с высокой устойчивостью к патогенам в оба года.

Выводы

1 По результатам фенотипической и фенологической оценки гибридной семьи Белая Потапенко х ОС1426-21-80 за изучаемый период выявлено лишь незначительное количество сеянцев с низким баллом общего состояния и плодоношения. Потомство обладает высокой продуктивностью и адаптивностью к условиям выращивания в данной климатической зоне.

2 В потомстве оцениваемой гибридной семьи выделены 4 сеянца, превышающие родительские формы по

длине кисти, которые могут быть использованы в селекции как источники длиннокистности.

3 По выходу крупноплодных сеянцев, что является необходимым свойством для сортовой формы, гибридная семья представляет селекционную ценность.

4 По результатам оценки устойчивости к листовым

пятнистостям (антракноз, септориоз) выявлено, что большинство сеянцев устойчивы к патогенам.

По совокупности показателей гибридная семья Белая Потапенко х ОС1426-21-80 представляет интерес для дальнейших селекционных исследований как источник хозяйственно важных признаков.

Об авторах:

Калинина Ольга Витальевна – младший научный сотрудник, аспирант
<https://orcid.org/0000-0003-1646-9885>, ResearcherID K-5523-2018

Голяева Ольга Дмитриевна – ведущий научный сотрудник, кандидат с.-х. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1106-634X>, ResearcherID K-3196-2018

Панфилова Ольга Витальевна – старший научный сотрудник, кандидат с.-х. наук
<https://orcid.org/0000-0003-4156-6919>, ResearcherID N-8065-2015

About the authors:

Olga V. Kalinina – graduate student
<https://orcid.org/0000-0003-1646-9885>, ResearcherID K-5523-2018

Olga D. Golyaeva – Cand. Sci. (Agriculture)
<https://orcid.org/0000-0003-1106-634X>, ResearcherID K-3196-2018

Olga V. Panfilova – Cand. Sci. (Agriculture)
<https://orcid.org/0000-0003-4156-6919>, ResearcherID N-8065-2015

● Литература

1. Мясищева Н.В., Артемова Е.Н., Макаркина М.А. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод красной смородины. Техника и технология пищевых производств. 2017;(2):62-68.
2. Жбанова Е.В. Витамины: от истории открытия до наших дней. Мичуринск-наукоград, РФ. 2009.
3. Голяева О.Д. Создание и использование доноров и источников хозяйственно ценных признаков в селекции смородины красной. Развитие научного наследия И. В. Мичурина по генетике и селекции плодовых культур: матер. междуна. науч.-практ. конф., посвящ. 155-летию со дня рождения И. В. Мичурина, 26-28 октября 2010 г. Мичуринск-наукоград РФ, 2010. С.104-109.
4. Князев С.Д., Баянова Л.В. Смородина, крыжовник и их гибриды // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С.351-373.
5. Чирков Ю.И. Агрометеорология: учеб. для Вузов 2 изд. перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 256 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Голяева О.Д., Калинина О.В., Панфилова О.В. Наследование длиннокистности гибридными сеянцами смородины красной от целенаправленных скрещиваний. Современное садоводство. 2018;(4):17-22.
8. Савельев Н.И. Генетические основы селекции яблони. Мичуринск, 1998. С.304.
9. Калинина О.В., Голяева О.Д., Панфилова О.В. Селекционная оценка гибридной семьи Белая Потапенко х ОС 1426-21-80 по качеству плодов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019;3(173):51-56. (In Russ.)
10. Сазонов Ф.Ф. Селекция смородины черной в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России: Монография. Москва: ФГБНУ ВСТИСП, Саратов: Амирит, 2018. 304 с.
11. Князев С.Д., Товарницкая М.В. Динамика развития антракноза и септориоза на смородине черной в условиях Орловской области. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016;3(2):23-27.
12. Михневич Н.И., Сорокопудов В.Н. Связь между поражаемостью сортов *Ribes nigrum* L. антракнозом и септориозом и их засухоустойчивостью в Белгородской области. Фундаментальные исследования. 2013;6(6):1420-1425.

● References

1. Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Jelly-forming ability of pectins of fresh and frozen red currant berries. Food processing: techniques and technology. 2017;(2):62-68. (In Russ.)
2. Zhdanova E.V. Vitamins: from the history of discovery to the present day. All-Russian scientific-research Institute of genetics and breeding of fruit plants. I.V. Michurina. Michurinsk-Naukograd RF: Publishing house of Michurinsk state agrarian University, 2009. 231 p. (In Russ.)
3. Golyaeva O.D. Creation and use of donors and sources of economically valuable traits in the selection of red currant. Development of scientific heritage of I. V. Michurin on genetics and selection of fruit crops: materials of the international scientific and practical conference for 155th anniversary of I. V. Michurin, October 26-28, 2010. Michurinsk-Naukograd RF, 2010. P.104-109. (In Russ.)
4. Knyazev S.D., Bayanova I.V. Currants, gooseberries and their hybrids. The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops. Ed. E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova. Orel: VNIISP, 1999. P.351-373. (In Russ.)
5. Chirkov Yu.I. Agrometeorology: studies. For universities 2 ed. L.: Gidrometeizdat, 1986. 256 p. (In Russ.)
6. Dospekhov B.A. Technique of field experience with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
7. Golyaeva O.D., Kalinina O.V., Panfilova O.V. The inheritance of long-racemose by hybrid seedlings of currant red from targeted crossing. Contemporary horticulture. 2018;(4):17-22. (In Russ.)
8. Savelyev N. I. Genetic basis of apple breeding. Michurinsk, 1998. 304 p. (In Russ.)
9. Kalinina O.V., Golyaeva O.D., Panfilova O.V. Selection evaluation of red currant hybrid family 'Belaya Potapenko' x OS 1426-21-80 in terms of fruit quality. Bulletin of Altai state university. 2019;3(173):51-56. (In Russ.)
10. Sazonov F.F. Selection of black currant in the conditions of the southwestern part of the non-chernozem zone of Russia: monograph. Moscow: GNU VSTISP, Saratov: Amerit, 2018. 304 p. (In Russ.)
11. Knyazev S.D., Tovarnitskaya M.V. The development of anthracnose and septoria leaf spot on black currants in conditions of Orel region. Selection and variety of garden crops. 2016;3(2):23-27. (In Russ.)
12. Mikhnevich N.I., Sorokopudov V.N. The relationship between damages of cultivars of *Ribes nigrum* L. by anthracnose and septoria leaf spot and its drought resistance in the Belgorod region. Fundamental research. 2013;6(6):1420-1425. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>
УДК 633.88:631.81.095.337

Жаркова Н.Н.,
Сухоцкая В.В.,
Ермохин Ю.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
E-mail: nn.zharkova@omgauu.org,
suhotskay-1990@mail.ru,
yui.ermokhin@omgauu.org

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю.И. Формирование урожая лекарственных культур (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) под влиянием эссенциальных микроэлементов. Овощи России. 2019;(5):72-76.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>

Поступила в редакцию: 16.09.2019

Принята к печати: 19.10.2019

Опубликована: 25.10.2019

Natalya N. Zharkova,
Valentina V. Sukhotskaya,
Yuri I. Ermokhin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin»

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

For citation: Zharkova N.N., Sukhotskaya V.V., Ermokhin Yu.I. Formation of a crop of medicinal crops (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) under influence of essential microelements. Vegetable crops of Russia. 2019;(5):72-76 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-72-76>

Received: 16.09.2019

Accepted for publication: 19.10.2019

Accepted: 25.10.2019

Формирование урожая лекарственных культур (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) под влиянием эссенциальных микроэлементов



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Широкий спектр фармакологического действия пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной определяют постоянный интерес к изучению этих культур. Лекарственные культуры содержат не только большое количество биологически активных веществ, но и микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития. Агрономическое биообогащение лекарственного сырья позволяет повысить урожайность, управлять качеством продукции в сторону усиления фармакологического действия. Таким образом, целью работы было изучить влияние различных доз ацетата цинка на продуктивность двух лекарственных культур пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной.

Материалы и методы. Исследования проводили в период с 2012 по 2018 годы на лугово-чернозёмной почве южной лесостепи Западной Сибири. В качестве объектов исследований были выбраны многолетние лекарственные культуры – пижма обыкновенная и эхинацея пурпурная. Цинковые удобрения использовали в ацетатной форме и вносили по фону ($N_{125}, N_{135}P_{45}K_{45}$).

Результаты. Внесение цинковых удобрений в почву способствовало повышению урожайности лекарственных культур в условиях юга Западной Сибири. Выявлено, что максимальная урожайность отмечалась на вариантах 0,75 ПДК Zn (пижма обыкновенная) и 0,5 ПДК Zn (эхинацея пурпурная). Таким образом, пижма обыкновенная оказалась более отзывчивой на применение микроудобрений. В исследованиях установлена высокая корреляционная взаимосвязь ($r=0,88-0,99$) между показателями урожайности и дозами вносимого цинка. Полученные оптимальные дозы цинковых удобрений (60 и 21,4 кг д.в./га), могут быть рекомендованы для выращивания данных культур с целью повышения их продуктивности.

Ключевые слова: урожайность, пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.), эссенциальный микроэлемент, цинк, лугово-чернозёмная почва.

Formation of a crop of medicinal crops (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) under influence of essential microelements

ABSTRACT

Relevance. A wide range of pharmacological effects of tansy and *Echinacea purpurea* determine the continuing interest in the study of these cultures. Medicinal crops contain not only a large number of biologically active substances, but also trace elements necessary for normal growth and development. Agronomic bio-enrichment of medicinal raw materials allows you to increase productivity, manage product quality in the direction of enhancing the pharmacological action. Thus, the aim of the work was to study the effect of various doses of zinc acetate on the productivity of two medicinal crops of tansy and *Echinacea purpurea*.

Material and methods. Studies were conducted from 2012 to 2018 on meadow-chernozem soil of the southern forest-steppe of Western Siberia. As objects of research, perennial medicinal crops were chosen – *Tanacetum vulgare* L. and *Echinacea purpurea* L. Zinc fertilizers were applied in the background ($N_{125}, N_{135}P_{45}K_{45}$) used in acetate form.

Results. The introduction of zinc fertilizers into the soil contributed to an increase in the yield of medicinal crops in the conditions of the south of Western Siberia. It was revealed that the maximum yield was observed on the variants of 0.75 MAC Zn (*Tanacetum vulgare* L.) and 0.5 MAC Zn (*Echinacea purpurea*). Thus, tansy was more responsive to the use of micronutrient fertilizers. The studies established a high correlation relationship ($r = 0.88-0.99$) between yield indicators and doses of zinc added. The obtained optimal doses of zinc fertilizers (60 and 21.4 kg / ha) can be recommended for growing these crops in order to increase their productivity.

Keywords: productivity, *Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L., essential trace element, zinc, meadow chernozem soil.

Введение

Цинк – важный микроэлемент для роста растений, играющий большую роль в каталитических реакциях ряда ферментов [1]. У растений ферменты, содержащие цинк, участвуют в метаболизме углеводов, синтезе белка, поддержании целостности клеточных мембран, регуляции синтеза ауксина и образовании семян и пыльцы. Многие исследователи наблюдали, что цинк тесно связан с метаболизмом азота у растений, что приводит к снижению синтеза белка при дефиците Zn [1, 2].

Цинк необходим растениям в небольших, но оптимальных количествах. Он участвует в нескольких ключевых физиологических функциях, включая: мембранную структуру, фотосинтез, активность фитогормонов, метаболизм липидов и нуклеиновых кислот, регуляцию генов и защиту от засухи и болезней. В качестве кофактора цинк активирует различные гормоны (например, ауксин), которые необходимы для роста и развития растений [3, 4]. Он играет существенную роль во многих биологических процессах и является важным микроэлементом для растений, животных и человека [5, 6, 7]. У людей дефицит цинка связан с качеством питания, что является следствием недостатка цинка в почвах [8, 9].

Дефицит цинка из всех питательных микроэлементов в сельскохозяйственных почвах считается наиболее географически распространённым, ограничивающим производство сельскохозяйственных культур (потери урожая могут превышать до 40%) [6, 10, 11].

Основными причинами недостатка Zn в сельскохозяйственных культурах являются, главным образом, почвенные условия: низкое содержание подвижного Zn в почве и его низкая доступность растениям, потери органических веществ из почвы, высокое содержание азота, кальция, фосфатов и др. [6, 9, 12].

Лекарственные культуры также являются важными источниками микронутриентов, включая Zn. Для восполнения недостатка микроэлементов в мире широко используется приём агрономического биообогащения растениеводческой продукции. Основой этого приёма является использование микроудобрений (Zn) для повышения содержания микроэлементов в сельскохозяйственных растениях, а также для повышения продуктивности культур [13, 14, 15].

В исследованиях зарубежных авторов изучалось влияние различных методов (корневое и внекорневое внесение) и концентраций цинка на рост и некоторые биохимические показатели, а также на содержание питательных веществ в масле *Chrysanthemum balsamita* L. В эксперименте было установлено, что применение цинка способствовало повышению показателей роста растений, содержанию белка, хлорофилла, антиоксидантной способности растений, а также оказывало положительное влияние на содержание фенолов по сравнению с контрольными растениями [16].

В Индийском институте садоводческих исследований (IIHR) в Бангалоре изучали влияние цинка и фосфора в различных комбинациях на лекарственное растение стевия. Исследования показали, что общий урожай биомассы был значительно увеличен с применением Zn и P в различных комбинациях и параметрах [17].

Для изучения влияния действия и последствий цинковых удобрений были выбраны две многолетние, популярные среди средств фитотерапии лекарственные культуры – пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) и эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.). Пижма является распространённым лекарственным растением, которое применяют в медицинской практике как желчегонное, противовоспалительное, спазмолитическое средство за счёт широкого спектра значимых биологически активных веществ [18]. *Tanacetum vulgare* L. является природным биоаккумулятором ряда микроэлементов Cd, Mn и Zn, поэтому может

использоваться как биоиндикатор этих элементов [19].

Эхинацея пурпурная используется в медицине и ветеринарии в качестве эффективного иммунокорректора. Фундаментальные и клинические исследования доказали её широкий спектр действия: противовирусное, антибактериальное, противогрибковое, антиоксидантное и противовоспалительное [20]. В литературе отсутствуют данные об аккумуляционной способности цинка эхинацеей пурпурной, вследствие этого изучение данного вопроса представляет особый интерес.

Целью исследований являлось изучение действия и последствий цинковых удобрений на урожайность пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2012–2018 годах на опытном поле ФГБОУ ВО «Омский ГАУ», расположенном на третьей надпойменной террасе р. Иртыш (г. Омск). Почва опытного поля – лугово-чернозёмная среднетугумовая среднесуглинистая. Содержание гумуса в слое 0...20 см – 5,2%, нитратного азота (по Кочергину) – 7-10 мг/кг почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 216-349, калия – 419-749 мг/кг почвы, pH водной вытяжки – 6,5-6,8. Обеспеченность нитратным азотом перед посадкой растений была низкая, фосфором и калием в опыте с пижмой – средняя, в опыте эхинацеей – высокая. Содержание подвижных форм цинка определяли атомно-адсорбционным методом на спектрометре «VarianAA-140» (ГОСТ 30178-96) в корнеобитаемом слое – 0,30-0,65 мг/кг почвы (низкое). Материалом для исследования служили многолетние лекарственные культуры пижма обыкновенная и эхинацея пурпурная (рис. 1, 2).

Схема однофакторного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

Пижма обыкновенная (опыт №1)	Эхинацея пурпурная (опыт №2)
1. Без удобрений (контроль);	1. Без удобрений (контроль);
2. Фон ($N_{135}P_{45}K_{45}$);	2. Фон (N_{125});
3. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,25$ ПДК Zn;	3. $N_{125} + 0,25$ ПДК Zn;
4. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,5$ ПДК Zn;	4. $N_{125} + 0,5$ ПДК Zn;
5. $N_{135}P_{45}K_{45} + 0,75$ ПДК Zn;	5. $N_{125} + 0,75$ ПДК Zn;
6. $N_{135}P_{45}K_{45} + 1,0$ ПДК Zn.	6. $N_{125} + 1,0$ ПДК Zn.

Опыт закладывали в четырёхкратной повторности, деланки размещали в опыте с пижмой обыкновенной систематически, последовательно в один ярус; в опыте с эхинацеей пурпурной варианты размещали со смещением на две деланки. Учётная площадь – 10 м². Предшественник – чистый пар, основная обработка почвы общепринятая для зоны – вспашка плугом на глубину 22...24 см.

Цинковые удобрения вносили в виде ацетата цинка на фоне макроудобрений в расчёте $N_{135}P_{45}K_{45}$ (опыт с пижмой обыкновенной), N_{125} (опыт с эхинацеей пурпурной). Дозы цинковых удобрений вносили в дозах 20; 40; 60; 80 кг д.в./га (опыт №1) и 10,7, 21,4, 32,4, 42,8 кг д.в./га (опыт №2), исходя из содержания в почве до посадки и предельно допустимой концентрации цинка (23 мг/кг).

Математическую обработку данных полевого опыта проводили по Б. А. Доспехову с использованием программ для Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Погодные условия вегетационных периодов 2012-2018 годов были типичными для зоны южной лесостепи Западной Сибири: резкие колебания суточных температур и недостаток влаги.



Рис. 1. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) в фазы весеннего отрастания, бутонизации и цветения
Fig. 1. *Tanacetum vulgare* L. in the phases of spring regrowth, budding and flowering



Рис. 2. Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.) в фазы отрастания, бутонизации и цветения
Fig. 2. *Echinacea purpurea* L. in the phases of regrowth, budding and flowering

В 2012 году преобладала жаркая с недостаточным количеством осадков погода. Вегетационный период 2013 года характеризовался неравномерным распределением осадков. Средняя температура за период вегетации была ниже среднемноголетних значений. Погодные условия 2014 года характеризовались достаточно большим количеством влаги и неравномерным ее распределением. Температурный режим был ниже среднемноголетних значений, за исключением июня и августа. Вегетационный период 2016 года характеризовался повышенными температурами и отсутствием осадков, что привело к острой ранневесенней засухе. В 2017 году наблюдалась раннелетняя засуха, среднесуточные температуры воздуха незначительно превышали среднемноголетние показатели. В 2018 году преобладала дождливая погода, температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям.

Цинковые удобрения положительно влияли на продуктивность изучаемых лекарственных культур (пижмы обыкновенной и эхинацеи пурпурной).

В опыте с пижмой обыкновенной ацетат цинка оказал более значимое воздействие по сравнению с фоном, где вносились только макроудобрения. На контроле и фоне урожайность пижмы обыкновенной была близкой и составила 14,1-14,4 т/га (табл. 1). В вариантах с применением расчетных доз цинка наблюдается повышение продуктивности биомассы пижмы обыкновенной. Так, при внесении ацетата цинка в дозах 20, 40 и 60 кг д.в./га прибавка урожайности составила 1,3, 2,6, 4,8 т/га, соответственно. Снижение прибавки до 3,4 т/га, а, следовательно, и урожайности отмечалось в варианте ПДК Zn (80 кг д.в./га).

Дозы цинковых удобрений в пределах 20-40 кг д.в./га обеспечивали равную окупаемость 0,07 т. Максимальная окупаемость 0,08 т/га отмечается в варианте Фон+0,75ПДКZn (60 кг д.в./га).

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ подтверждает наличие зависимостей между дозами цинковых удобрений и урожайностью пижмы обыкновенной (рис. 3).

Полученные уравнения прямой зависимости указывают на сильную связь ($r=0,88-0,99$) вносимого в почву микроэлемента с урожайностью культуры. Каждый кг Zn до максимальной вносимой дозы (80 кг д.в./га) повышал урожайность пижмы обыкновенной в среднем за годы исследований на 0,05 т/га (уравнение 1). В пределах оптимальной дозы (60 кг д.в./га) урожайность пижмы при внесении 1 кг д.в./га повышалась на 0,08 т (уравнение 2).

В опыте с эхинацеей пурпурной внесение азотных удобрений (фон) повышало урожайность данной культуры на 1,5 т/га по сравнению с контролем (табл. 2). Урожайность воздушно сухой массы при использовании цинка варьировала в пределах 7,7...9,8 т/га. Максимальная урожайность эхинацеи отмечалась при внесении Zn в дозе 21,4 кг д.в./га и составила 9,8 т/га, дальнейшее увеличение дозы приводило к снижению продуктивности (7,7-8,0 т/га) до уровня контрольных и фоновых значений. Наибольшая прибавка (1,55 т/га) и окупаемость (0,07 т) наблюдались на варианте 0,5 ПДК Zn на фоне N_{125} .

Статистический анализ экспериментальных данных позволил установить зависимости между дозами и урожайностью эхинацеи пурпурной (рис. 4).

При внесении цинковых удобрений в дозах от 10,7 до 42,8 кг д.в./га урожайность подчинялась полиномиальной зависимости, связь средняя ($\eta = 0,63$). Для выявления коэффициента интенсивности действия была установлена прямая зависимость до оптимальной дозы вносимого цинка (21,4 кг д.в./га). Оба уравнения показывают, что 1 кг Zn удобрений повышал среднюю урожайность на 0,07 т (уравнения 3-4).

Уравнения 2, 4 и коэффициенты интенсивности действия

Таблица 1. Урожайность *Tanacetum vulgare* L., в пересчете на сухое вещество (г. Омск, Омская область, в среднем за 2012-2014 годы)
Table 1. Productivity of *Tanacetum vulgare* L., in terms of dry matter (Omsk, Omsk region, on average for 2012-2014)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. Zn урожаем, т
Без удобрений (контроль);	14,1±3,14	-	-
Фон (N ₁₃₅ P ₄₅ K ₄₅)	14,4±2,73*	-	-
Фон+0,25ПДКZn (20 кг д.в/га)	15,7±0,92*	1,3	0,07
Фон+0,5ПДК Zn (40 кг д.в/га)	17,0±0,88*	2,6	0,07
Фон+0,75ПДКZn (60 кг д.в/га)	19,2±3,92*	4,8	0,08
Фон + ПДК Zn (80 кг д.в/га)	17,8±1,99*	3,4	0,04
НСР ₀₅	0,08		

Примечание: *различия между опытными вариантами (контролем и фоном) достоверны при $p < 0,05$.

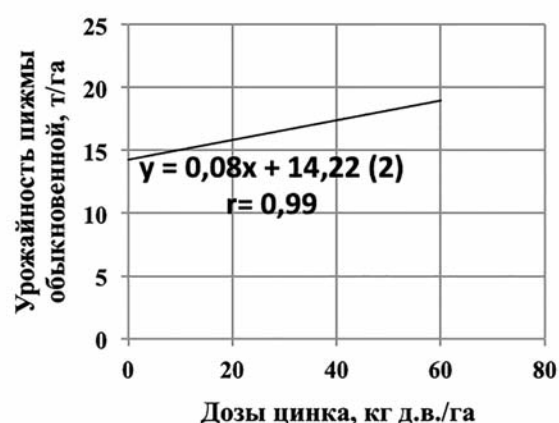
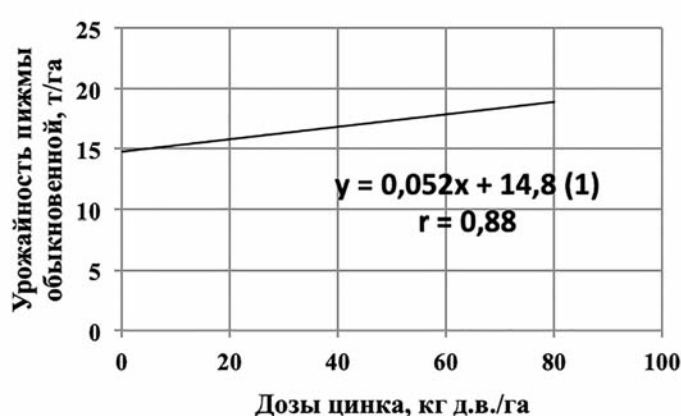


Рис. 3. Зависимость урожайности пижмы обыкновенной от доз цинковых удобрений
Fig. 3. The dependence of the yield of *Tanacetum vulgare* L. on doses of zinc fertilizers

Таблица 2. Урожайность *Echinacea purpurea* L. в пересчете на сухое вещество (г. Омск, Омская область, в среднем за 2016-2018 годы)
Table 2. Productivity of *Echinacea purpurea* L. in terms of dry matter (Omsk, Omsk region, on average for 2016-2018)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. Zn урожаем, т
Без удобрений (контроль);	7,8±0,80	-	-
Фон (N ₁₂₅)	8,3±0,13	-	-
Фон+0,25ПДКZn (10,7 кг д.в/га)	8,6±0,31*	0,32	0,03
Фон+0,5ПДК Zn (21,4 кг д.в/га)	9,8±2,02*	1,55	0,07
Фон+0,75ПДКZn (32,4 кг д.в/га)	7,7±0,87*	-	-
Фон + ПДК Zn (42,8 кг д.в/га)	8,0±0,57*	-	-
НСР ₀₅	0,09		

Примечание: *различия между опытными вариантами (контролем и фоном) достоверны при $p < 0,05$.

позволяют проверить достоверность оптимальных доз цинковых удобрений. Подставив лучшие дозы цинковых удобрений 60 и 21,4 в уравнения 2, 4 получим:

$$Y_1 = 0,08 \cdot 60 + 14,22 = 19,02 \text{ т/га.}$$

$$Y = 0,07 \cdot 21,4 + 8,5 = 9,6 \text{ т/га.}$$

Фактическая урожайность в варианте 0,75ПДК Zn составила 19,2 т/га (опыт №1) и 0,5ПДК Zn – 9,8 т/га (опыт №2). Таким образом, ошибка составляет 0,1-2,0%.

Закключение

В результате проведенных исследований были выявлены оптимальные дозы цинковых удобрений под пажитку обыкновенную (60 кг д.в./га) и эхинацею пурпурную (21,4 кг д.в./га) на лугово-чернозёмной почве. Данные дозы могут быть рекомендованы для интродукции лекарственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири, с целью повышению продуктивности исследуемых лекарственных растений.

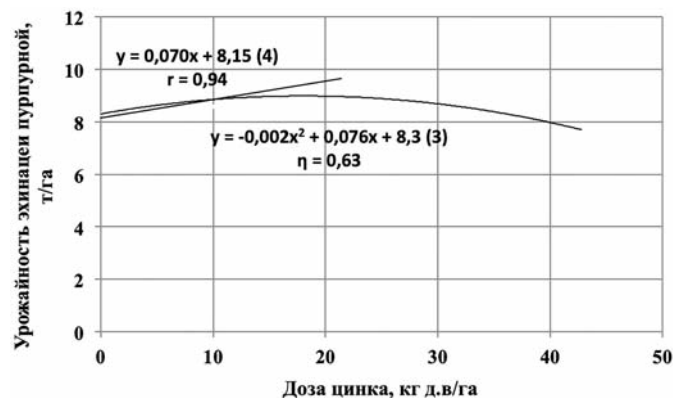


Рис. 4. Зависимость урожайности эхинацеи пурпурной от доз цинковых удобрений
Fig. 4. The dependence of the yield of Echinacea purpurea L. on doses of zinc fertilizers

Об авторах:

Жаркова Наталья Николаевна – канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии, nn.zharkova@omgauu.org

Сухоцкая Валентина Владимировна – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения, suhotskay-1990@mail.ru

Ермохин Юрий Иванович – доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и почвоведения, yui.ermokhin@omgauu.org

About the authors:

Natalya N. Zharkova – PhD (Agriculture), Associate professor, assistant professor, of the Department of Ecology, Environmental Management and Biology, nn.zharkova@omgauu.org

Valentina V. Sukhotskaya – postgraduate Student, Department of Agrochemistry and Soil Science, suhotskay-1990@mail.ru

Yuri I. Ermokhin – DSc (Agriculture), Professor, Department of Agrochemistry and Soil Science, yui.ermokhin@omgauu.org

Литература

1. Fageria, N.K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesq. Agropec. Bras.* 2002;(37):1765-1772.
2. Fageria, N.K. Dry matter yield and nutrient uptake by lowland rice at different growth stages. *J. Plant Nutr.* 2004;27(6):947-958.
3. Begum, M.C., Islam M., Sarkar M.R., Azad M.A.S., Huda A.N., Kabir A.H. Auxin signaling is closely associated with Zn efficiency in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Interact.* 2016;(11):124-129.
4. Chang, H.B., Lin C.W., Huang H.J. Zinc-induced cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Growth Regul.* 2005;(46):261-266.
5. Lebourg, A., Sterckeman T., Ciesielski H., Proix N. Trace metal speciation in three unbuffered salt solutions used to assess their bioavailability in soil. *J. Environ. Qual.* 1998;(27):584-590.
6. Alloway, B.J. Zinc in Soils and Crop Nutrition (second ed.), IZA and IFA, Brussels Belgium, Paris, France. 2008. 136 p.
7. Cakmak, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil.* 2008;(302):1-17.
8. Cakmak, I., Kalayci M., Ekiz H., Braun H.J., Kilinç Y., Yilmaz A. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crop Res.* 1999;(60):175-188.
9. Alloway, B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ. Geochem. Health.* 2009;(31):537-548.
10. Singh, B., Natesan S.K.A., Singh B.K., Usha K. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Curr. Sci.* 2005;(88):36-44.
11. Sadeghzadeh, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2013;13(4):905-927.
12. Alloway, B.J. Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production, Springer, Dordrecht, Netherlands. 2008. P.181-200.
13. Shahzad, Z., Rouached H., Rakha A. Combating mineral malnutrition through iron and zinc biofortification of cereals *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014;(13):29-346.
14. Montalvo, D., Degryse F., R.C. da Silva, Baird R., McLaughlin M.J. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Adv. Agron.* 2016;(139):215-267.
15. White, P.J. Biofortifying crops with essential mineral elements / P.J. White, M.R. Broadley. *Trends Plant Sci.* 2005;(10):586-593.
16. Derakhshani, Z., Hassani A., Rasouli-Sadaghiani M.H., Bagher Hassanpouraghdam M. Effect of Zinc Application on Growth and Some Biochemical Characteristics of Costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2011;(42):2493-2503.
17. Das, K., Dang R., Shivananda T.N., Sur P. Interaction Between Phosphorus and Zinc on the Biomass Yield and Yield Attributes of the Medicinal Plant Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The Scientific World Journal.* 2005;(5):390-395.
18. Половецкая, О.С. Химический анализ флавоноидных соединений пажитки обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). *Научный форум: Медицина, биология и химия.* 2017;2(4):52-57.
19. Jasion, M., Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. *Tanacetum vulgare* as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2013;65(3):442-448.
20. Хасина, Э.И. Эхинацея пурпурная как средство коррекции экологически обусловленных патологий. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2014;16,5(2):1030-1032.

References

1. Fageria, N.K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesq. Agropec. Bras.* 2002;(37):1765-1772.
2. Fageria, N.K. Dry matter yield and nutrient uptake by lowland rice at different growth stages. *J. Plant Nutr.* 2004;27(6):947-958.
3. Begum, M.C., Islam M., Sarkar M.R., Azad M.A.S., Huda A.N., Kabir A.H. Auxin signaling is closely associated with Zn efficiency in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Interact.* 2016;(11):124-129.
4. Chang, H.B., Lin C.W., Huang H.J. Zinc-induced cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Growth Regul.* 2005;(46):261-266.
5. Lebourg, A., Sterckeman T., Ciesielski H., Proix N. Trace metal speciation in three unbuffered salt solutions used to assess their bioavailability in soil. *J. Environ. Qual.* 1998;(27):584-590.
6. Alloway, B.J. Zinc in Soils and Crop Nutrition (second ed.), IZA and IFA, Brussels Belgium, Paris, France. 2008. 136 p.
7. Cakmak, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil.* 2008;(302):1-17.
8. Cakmak, I., Kalayci M., Ekiz H., Braun H.J., Kilinç Y., Yilmaz A. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crop Res.* 1999;(60):175-188.
9. Alloway, B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ. Geochem. Health.* 2009;(31):537-548.
10. Singh, B., Natesan S.K.A., Singh B.K., Usha K. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Curr. Sci.* 2005;(88):36-44.
11. Sadeghzadeh, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2013;13(4):905-927.
12. Alloway, B.J. Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production, Springer, Dordrecht, Netherlands. 2008. P.181-200.
13. Shahzad, Z., Rouached H., Rakha A. Combating mineral malnutrition through iron and zinc biofortification of cereals *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014;(13):29-346.
14. Montalvo, D., Degryse F., R.C. da Silva, Baird R., McLaughlin M.J. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Adv. Agron.* 2016;(139):215-267.
15. White, P.J. Biofortifying crops with essential mineral elements / P.J. White, M.R. Broadley. *Trends Plant Sci.* 2005;(10):586-593.
16. Derakhshani, Z., Hassani A., Rasouli-Sadaghiani M.H., Bagher Hassanpouraghdam M. Effect of Zinc Application on Growth and Some Biochemical Characteristics of Costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2011;(42):2493-2503.
17. Das, K., Dang R., Shivananda T.N., Sur P. Interaction Between Phosphorus and Zinc on the Biomass Yield and Yield Attributes of the Medicinal Plant Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The Scientific World Journal.* 2005;(5):390-395.
18. Polovetskaya, O.S. Chemical analysis of flavonoid compounds of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *Scientific Forum: Medicine, Biology and Chemistry.* 2017;2(4):52-57. (In Russ.)
19. Jasion, M., Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A.J. *Tanacetum vulgare* as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2013;65(3):442-448.
20. Hasina, E.I. Echinacea purpurea as a means of correction of environmentally caused pathologies. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2014;16,5(2):1030-1032. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>
УДК 581.19:(635.42+635.11)

Соколова Д.В.^{*},
Шеленга Т.В.,
Соловьева А.Е.

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)
190000, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Б. Морская, д. 42, 44
^{*}E-mail: dianasokol@bk.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об
отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Соколова Д.В.,
Шеленга Т.В., Соловьева А.Е.
Сравнительная характеристика биохимического
состава образцов мангольда и свеклы столовой
коллекции ВИР. Овощи России. 2019;(5):77-83.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>

Благодарности. Работа выполнена
в рамках государственного задания ВИР
№ 0662–2018–0017, АААА–А16–116040710360–1
«Выявление диапазона изменчивости
биохимических признаков качества
генетического разнообразия важнейших
зерновых, зернобобовых, масличных, овощных,
плодовых и ягодных культур и их диких родичей
в связи с поиском, выделением и созданием
ценного исходного материала для улучшения
качества сельскохозяйственных культур».

Поступила в редакцию: 17.06.2019
Принята к печати: 29.06.2019
Опубликована: 25.10.2019

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

Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic Resources (VIR)
42, 44, B. Morskaya Street, St. Petersburg,
190000, Russia
^{*}E-mail: dianasokol@bk.ru

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

For citation: Sokolova D.V., Shelenga T.V.,
Solovieva A.E. Comparative characteristics of the
biochemical composition of chard and table beet
accessions from VIR collection. Vegetable crops of
Russia. 2019;(5):77-83 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-77-83>

Acknowledgment: The work was
performed as part of the state assignment
VIR No. 0662–2018–0017,
АААА–А16–116040710360–1 “Identification of the
range of variability of biochemical characteristics of
the quality of the genetic diversity of the most
important cereals, legumes, oilseeds, vegetables,
fruit and berries and their wild relatives in connec-
tion with the search, isolation and creation of valu-
able source material to improve the quality of
crops”.

Received: 17.06.2019
Accepted for publication: 29.06.2019
Accepted: 25.10.2019

Сравнительная характеристика биохимического состава образцов мангольда и свеклы столовой коллекции ВИР



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из многих этапов, которые ведут к оздоровлению нации, является здоровое питание, которое подразумевает под собой обеспечение организма человека всеми необходимыми ему элементами для его нормального функционирования. В рамках импортозамещения крайне важно выявить и популяризировать ценные культуры, которые пригодны для выращивания на территории РФ. Одной из таких малораспространенных и недостаточно изученных культур является листовая разновидность свеклы – мангольд (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*). Для человека пищевой частью растения мангольда являются мясистые черешки и листья.

Материалы и методы. Целью проведенных исследований было выявить особенности биохимического состава мангольда и сравнить их с широко распространенной свеклой столовой. Объектом исследования послужили 44 образца столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образца листовой свеклы коллекции ВИР, различающиеся по фенотипу и происхождению. Опытные образцы выращивали в овощном севообороте в НПБ (научно-производственная база) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.) на протяжении двух лет (2014 и 2015 годы). Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР с помощью стандартных методов. Количественный и качественный состав метаболитов оценивали с применением газо-жидкостной хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией.

Результаты. Результаты исследования выявили значительную изменчивость показателей в зависимости от конкретного генотипа. К слабо варьирующими можно отнести показатели содержания аскорбиновой кислоты, белка и пигментов: бетанина у свеклы столовой и β -каротина у листовой. Дано подробное сравнительное описание содержания метаболитов углеводного профиля. Показано, что мангольд лучше сбалансирован по содержанию моносахаридов, отличается пониженным содержанием сахарозы. Аминокислотный состав мангольда богаче и разнообразнее, чем у свеклы столовой, по незаменимым для человека аминокислотам значительно ее опережает. Выделившиеся образцы мангольда рекомендованы к использованию в детском, диетическом и диабетическом питании. Благодаря высокому содержанию белка (выше столовой на 83%) культура рекомендуется как компонент для кормопроизводства. Листовая свекла обладает рядом ценных преимуществ: неприхотлива в выращивании, декоративна и, главное, имеет большой потенциал для использования в питании человека и кормопроизводстве.

Ключевые слова: листовая свекла, мангольд, биохимические характеристики, метаболиты.

Comparative characteristics of the biochemical composition of chard and table beet accessions from VIR collection

ABSTRACT

Relevance. Healthy eating is one of the many steps that lead to a healthy nation. It implies the provision of the human body with all the necessary elements for its normal functioning. Within the framework of import substitution, it is extremely important to identify and popularize valuable crops that are suitable for cultivation in the territory of the Russian Federation. One of these rarely studied and insufficiently studied cultures is the leaf variety of beet – chard (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*). Man uses in the food the fleshy petioles and leaves of this plant.

Material and methods. The purpose of the research was to identify the characteristics of the biochemical composition of chard and compare them with the widespread red beet. The object of the study was 44 accessions of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) and 32 accessions of chard from the VIR collection, differing in phenotype and origin. The accessions were cultivated in the vegetable crop rotation in the Research and production base “Pushkin and Pavlovsk laboratories of VIR” (Pushkin, Leningrad region) for two years (2014 and 2015). Biochemical analysis was performed using standard methods. The quantitative and qualitative composition of the metabolites was assessed using GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry).

Results. The results of the study revealed significant variability of indicators depending on the specific genotype. The indicators of the content of ascorbic acid, protein and pigments: betanin in beetroot and β -carotene in leafy can be attributed to slightly varying. A detailed comparative description of the content of carbohydrate profile metabolites is given. It is shown that chard is better balanced in terms of monosaccharides content, differs in low sucrose content. The amino acid composition of chard is richer and more diverse than that of table beet, it is significantly ahead of table beet in essential amino acids for humans. Selected accessions of chard are recommended for use in infant, dietary and diabetic nutrition. Due to the high protein content (83% higher than that of red beet), the culture is recommended as an ingredient for feed production. Leaf beet has a number of valuable advantages: unpretentious in cultivation, decorative and, most importantly, has great potential for use in human nutrition and fodder production.

Keywords: leaf beet, chard, biochemical characteristics, metabolites.

Введение

Здоровое и правильное питание – один из многих этапов, которые ведут к оздоровлению нации. Полноценное питание подразумевает собой обеспечение организма всеми необходимыми ему витаминами и микроэлементами для его нормального функционирования. Разнообразие потребляемых продуктов обеспечивает необходимыми элементами наш организм. В ВИР имени Н.И.Вавилова собрана обширная коллекция культур пищевого значения, используя которую можно эффективно создавать новые и улучшать имеющиеся источники здорового и диетического питания.

Столовая свекла в нашей стране занимает важное место в питании человека и издавна ценится за свои вкусовые качества. Содержится в свекле ценный пигмент бетанин и азотистое вещество бетаин, придающие свекле своеобразный вкус. Это уникальные, пока не обнаруженные в других овощах, алкалоидоподобные соединения, способствующие расщеплению и усвоению в организме человека белков животного и растительного происхождения [1]. Особенности вкуса столовой свеклы придает и небольшое содержание органических кислот: молочной, лимонной, яблочной, винной, щавелевой. Наличие в варёной свекле органических кислот играет важную роль в процессе переваривания пищи. Вещество бетаин способствует снижению артериального давления, участвует в липидном обмене, уменьшает количество холестериновых бляшек на стенках сосудов. Калорийность варёной свеклы составляет 40-49 ккал на 100 грамм, чем превосходит другие корнеплодные культуры. Главным образом, причина повышенной калорийности за счет содержания сахаров (6-13%), которых в ней больше, чем в моркови, и представлены они в основном сахарозой. В корнеплодах накапливается от 11 до 27% сухого вещества, белка – до 2%. Столовая свекла содержит много минеральных солей щелочного характера и витамины: С, В1, В2, В6, Вs, Р, РР, каротин, пантотеновую (В3) и фолиевую (Вс) кислоты. Среди овощей столовая свекла лидирует по накоплению солей фосфора, калия, йода, много в ней серы, кальция и магния. Она является источником важных для жизнедеятельности человека микроэлементов, таких как бор, марганец, цинк, фтор, кобальт.

Мангольд, или листовая свекла, – древнейшая форма свеклы. Культура мало известна и распространена в нашей

стране, но последнее время интерес к ней значительно возрос. Она широко распространена в Европейских странах, Грузии, Армении, Турции, США, Японии, Индии, Китае. Листья и черешки мангольда богаты белками, сахарами, в них отмечено высокое содержание витамина С (около 30 мг%) и витаминов группы В, а также они содержат минеральные соли натрия, железа, хлора, кальция, фосфора и др. Богатые витаминами листья и черешки употребляются в пищу в свежем и вареном виде. Корни мангольда не пригодны в пищу. Растение имеет высокую декоративную ценность и полезно для здоровья [2].

Целью проведенных исследований было выявить особенности биохимического состава мангольда и сравнить их со столовой свеклой.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили 44 образца столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образца листовой свеклы – мангольда (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*) коллекции ВИР различного происхождения (рис. 1). Наибольшим количеством образцов в опыте представлены Нидерланды, Германия и Россия. Преобладали мангольды европейской селекции. Наибольшим количеством образцов листовой свеклы представлена Германия, столовой свеклы – Россия и Нидерланды. Отобранные для опыта образцы мангольда коллекции ВИР фенотипически различаются по цвету, форме, размерам черешка и по гладкости поверхности листа (рис. 2).

Выращивали коллекционные образцы в овощном севообороте в НПБ (научно-производственная база) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Пушкин, Ленинградская обл.). Почвы в Пушкине преимущественно дерново-подзолистые, супесчаные. Предшественник – капуста.

Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР. Анализ и обработку материала осуществляли по методике ВИР [3]. Методы: содержание массы сухого вещества определяли взвешиванием до и после высушивания средней пробы в сушильном шкафу при 105°C; аскорбиновой кислоты – титрованием с реактивом Тильманса; белок – по методу Кьельдаля на приборе KjeltecAuto 1030 Analyzer, Швеция; бетанин – спектрофотометрически на приборе «Ultrospec II» (Швеция), при

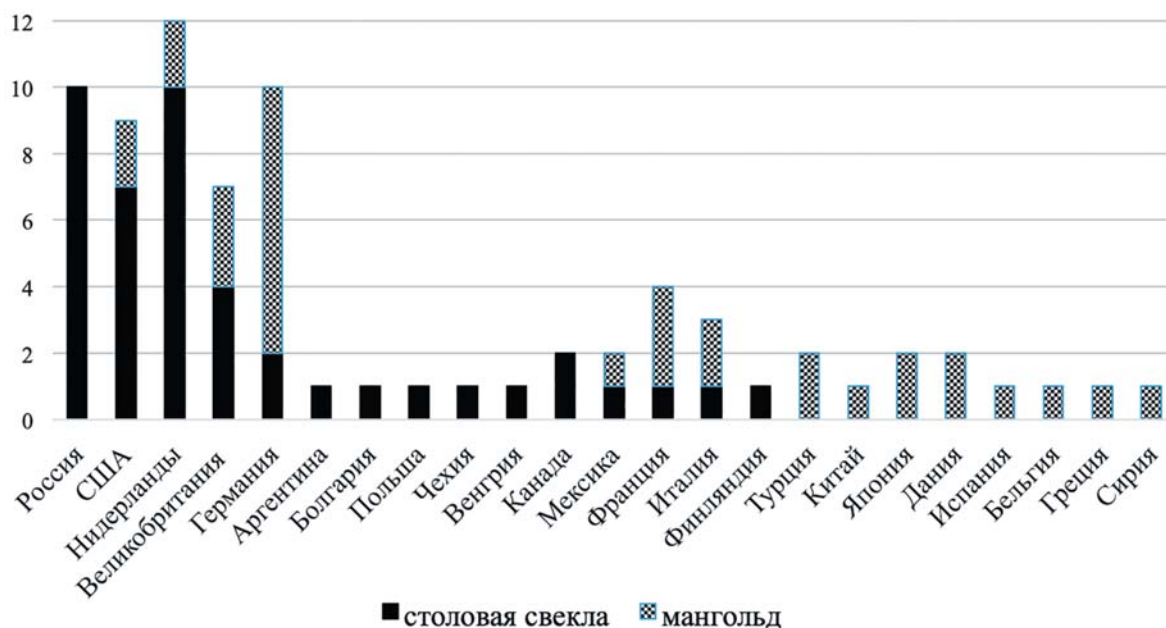


Рисунок 1. Состав опытных образцов свеклы по происхождению
Figure 1. Set of experimental accessions of beet by origin



Рисунок 2. Разнообразие образцов мангольда коллекции ВИР по черешкам и листьям
Figure 2. Diversity of chard accessions from VIR collection on the signs of leaves and petioles

длине волны 535 нм [4]; бета-каротин - спектрофотометрически на приборе «Ultrospec II» (Швеция), при длине волны 454 нм [3]; состав сахаров, свободных аминокислот, органических кислот, фенолкарбоновых кислот – газо-жидкостной хроматографией с масс-спектрометрией.

Для метаболомного анализа брали 10 г образца, взвешивали, гомогенизировали с адекватным количеством этанола, пробу настаивали в течение 30 дней при 5...6°C. Экстракт (200 мкл) выпаривали досуха на установке CentriVarConcentrator фирмы «Labconco» (США). Сухой остаток силилировали с помощью бис(триметилсилил)трифторацетамида. Разделение силилированных соединений проводили на капиллярной колонке HP-5MS 5% фенилметилполисилоксан (30,0 м, 250,00 мкм, 0,25 мкм) на хроматографе «Agilent 6850» с квадрупольным масс-селективным детектором Agilent 5975B VL MSD фирмы «AgilentTechnologi» (США). Условия проведения хроматографического исследования: скорость потока гелия через колонку 1,5 мл/мин. Программа нагрева колонки: от +70°C до +320°C, скорость нагрева 4°C в минуту. Температура детектора масс спектрометра – +250°C, температура инжектора – +300°C, объем пробы – 1 мкл. Внутренним стандартом служил раствор трикозана в пиридине (1 мкг/мкл) [5]. Программное обеспечение: UniChrom; AMDIS (Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System); «NIST/EPA/NIH 08» Mass Spectral Library [6].

Полученные экспериментальные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа с использованием программ Excel и Statistica 7,0.

Годы исследований (2014-2015) характеризовались разным соотношением температурного режима и влагообеспечения (Рис.3). Вегетационный период 2014 года отличался повышенной температурой воздуха в течение всего лета: среднемесячные температуры на 2–5°C выше среднеемноголетних. При этом в июле высокая дневная температура воздуха (22,4°C) и недостаток влаги в почве сдерживали рост растений. В 2015 году температура воздуха держалась на уровне среднеемноголетних данных. 2015 год характеризовался нестабильными осадками: нехватка влаги в июне (-33,5 мм) и избыточное увлажнение в июле (+50,5 мм). По сумме осадков за вегетационный период 2015 года отклонение в меньшую сторону от среднеемноголетних данных составило 35 мм, 2015 года – 47 мм. Надо отметить, что периоды проливных дождей чередовались с засушливыми периодами, что негативно сказывалось на росте растений.

Результаты исследования

Биохимический состав столовой свёклы анализировали у корнеплодов, собранных непосредственно перед уборкой на хранение. Масса одного корнеплода колебалась от 90 до 440 г, диаметр не превышал 11 см, длина корнеплода зависела от сорта и не превышала 22 см для образцов цилиндрической формы. Взятие листовой массы мангольдов на анализ проводили в середине сентября, перед уборкой.

Содержание сухого вещества – один из важнейших показателей, по которому судят о качестве растительного сырья. Его значения тесно связаны с погодными условиями вегетационного периода. В наших исследованиях содержа-

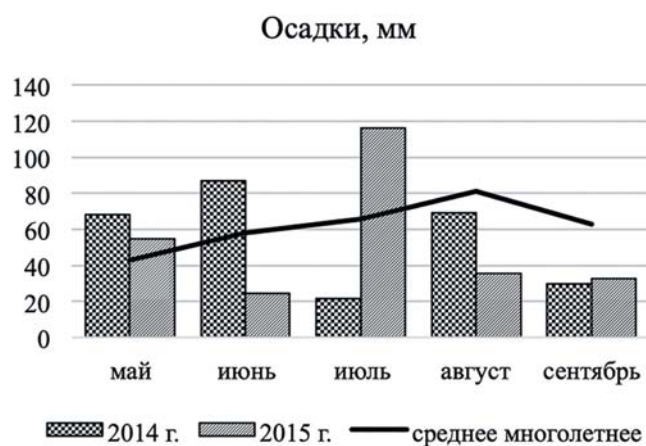
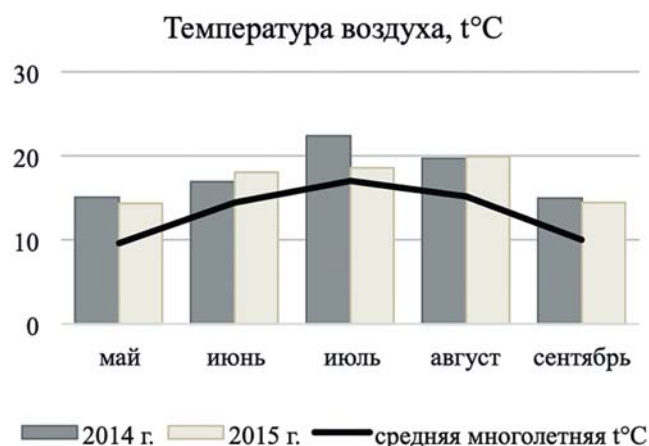


Рисунок 3. Характеристика погодных условий вегетационных периодов (2014-2015 гг., Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР)

Figure 3. Description of weather conditions in the growing seasons (2014-2015, Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR)

Таблица 1. Сравнительная характеристика биохимических показателей образцов столовой свеклы и мангольда
Table 1. Comparative characteristics of biochemical indicators of beet and chard accessions

Показатели	Столовая свекла	Мангольд
	M±Sx (Cv, %), Median (minч max)*	
	M± Sx	M± Sx
Сухое вещество, %	20,8±0,4 (13,6%)	11,5±0,2 (11%)
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	35,2±1,4 (25,7%)	46,6±1,9 (23,2%)
Моносахара, %	0,17 (0,04÷1,75)*	4,24±0,3 (33,6%)
Дисахара, %	6,59 (2,2÷15,3)*	1,42±0,1 (43,1%)
Сумма сахаров, %	7,6±0,75 (52,5%)	5,66±0,35 (33,5%)
Органические кислоты, %	0,37 (0,16÷1,88)*	2,18±0,1 (27,2%)
Белок, %	7,6±0,2 (16,5%)	13,9±0,6 (22,5%)
Аминокислоты, мг/100г	238,2±39,6 (88%)	214,4±22,6 (56,7)
Фенольные соединения, мг/100г	3,1 (0,1÷20,0)*	1,2 (0ч16,4)*
Жирные кислоты, мг/100г	31,0 (0,72÷438,7)*	52,0±3,6 (37,4%)
β-каротин, мг/100г	-	3,9±0,18 (25,3%)
Бетанин, мг/100г	182,9±3,1 (9,2%)	-

*- данные имеют распределение отличное от нормального

ние сухого вещества у столовой свеклы составило в среднем 20,8%, у листовой свеклы – 11,5% (табл.1). У всех опытных образцов отмечена незначительная вариабельность этого признака (Cv=13,6-11,0%). В отличие от других представителей вида *Beta vulgaris* L., у листовой свеклы для питания используются сочные черешки и листья растения, чем объясняется и меньшее содержание в них сухого вещества, чем в корнеплодах столовой свеклы.

К слабо варьирующим можно также отнести и показатели содержания аскорбиновой кислоты, белка и пигментов: бетанина у столовой свеклы и β-каротина у листовой. Следует отметить значительное превосходство мангольда по содержанию белка и аскорбиновой кислоты – на 83 и 32% соответственно. Среди мангольдов выделились сорта «Листовая» (к-3665, Сирия) и «Goldgelb gerippt» (к-42, Германия) с максимально отмеченным содержанием аскорбиновой кислоты в 2014 году – 72 и 62 мг/100 г соответственно.

Содержащийся в листьях мангольда бета-каротин является одним из 600 природных каротиноидов. Бета-каротин служит предшественником витамина А (ретинол) и является мощным антиоксидантом, обладает иммуностимулирующим действием. Среднее содержание этого растительного пигмента в черешках и листьях мангольда составило 3,9 мг/100 г. Самым высоким содержанием β-каротина отличались образцы: «Fordnoir gigante» (к-4148, Мексика) – 5,5 мг/100 г, «Monika Selesma» (к-3009, Испания) – 5,2 мг/100 г и старинный образец, привезенный из экспедиции по Малой Азии в 1926 году (к-150) – 5,1 мг/100 г.

В составе корнеплодов столовой свеклы присутствует красящий пигмент бетанин. Его содержание в среднем

составило 182,9 мг/100 г и слабо варьировало в зависимости от сорта. Максимальное количество пигмента (320 мг/100г) за годы исследования отмечено в 2015 году у старинного сорта селекции французской компании «Vilmorin» – Rouge grosse (к-1).

Большая часть растворимых в воде веществ представлена углеводами, которые являются источником энергии, особенно моносахариды: глюкоза, фруктоза и дисахарид сахароза. Важнейшие процессы метаболизма, таких как фотосинтез, дыхание, брожение, синтез крахмала, гликогена и другие, протекают при наличии многоатомных спиртов, гликозидов и сложных эфиров, которые, в свою очередь, образуются при восстановлении моносахаридов [7]. Углеводный состав вида *Beta vulgaris* L. изучен достаточно хорошо, т.к. самым распространённым источником сахаров для промышленности является сахарная свекла. Известно, что основная часть углеводов свеклы – сахара. Их содержание в корнеплодах сахарной свеклы обычно составляет 16-19%, у кормовой свеклы – 6-11%, у столовой – 7-12% [8]. Мангольд относится к малораспространённым культурам и его углеводный состав изучен меньше. Как видно из таблицы 1, общее содержание углеводов у мангольда на 26% ниже, чем у столовой свеклы. Более подробное сравнительное содержание метаболитов углеводного профиля приведено в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, все моносахара столовой свеклы не имели нормального распределения данных. Их показатели варьировали в широком диапазоне. Например, содержание фруктозы у столовой свеклы колебалось в диапазоне от 5 до 473,4 мг/100 г, галактозы – от 0 до 386,3 мг/100 г, глюкозы – от 24,8 до 695

Таблица 2. Сравнительный состав углеводов столовой свеклы и мангольда (мг/100 г)
Table 2. Comparative composition of beet and chard carbohydrates (mg / 100 g)

	Столовая свекла	Мангольд
	Median (minч max), M±Sx (Cv, %)**	
моносахара		
арабиноза	0 (0÷26,4)	0 (0÷242)
рамноза	0 (0÷10,6)	0 (0÷32)
рибоза	0 (0÷5,9)	0 (0÷1,96)
люксоза	0 (0÷30,1)	0,24 (0÷3,0)
ксилоза	0 (0÷160,8)	1,59(0÷7,7)
альтроза	0 (0÷47,5)	не обнаружен
фруктоза	23,1 (5÷473,4)	147,1±16,3 (59,5%) **
сорбоза	24,2 (0÷219,1)	279,6±33,9 (65,4%) **
галактоза	0 (0÷386,3)	43,7 (9,6±923,7)
манноза	0 (0÷107,7)	1460,6±108,9 (40,0%) **
глюкоза	113,1 (24,8÷695,0)	2232,4±139,2 (33,6%) **
глюкозамин	не обнаружен	0 (0÷3,0)
дисахара		
сахароза	7115,1±795,8 (59,0%) **	1406,9±112,7 (43,1%) **
мальтоза	0 (0÷4,9)	0,17(0÷6,8)
олигосахариды		
раффиноза	84,9±13,2 (57,9%) **	9,76 (1,3÷43,6)
стахиоза	0 (0÷2,04)	не обнаружен

** - данные имеют нормальное распределение

мг/100 г и зависело от конкретного генотипа. Более стабильными оказались показатели у мангольда. Так, среднее содержание фруктозы составило 147,1 мг/100 г (Cv 59,5%). Значительно превышали показатели сорбозы, маннозы и глюкозы. В целом слабо варьирующих показателей углеводного профиля изученных образцов (Cv, %) не выявлено. Можно отметить превышение более чем в 5 раз содержания уровня сахарозы у столовой свеклы над этим показателем у мангольда, что снижает возможность ее употребления в диетическом питании. Значительный уровень моносахаров у мангольда, вероятно, объясняется тем, что запасующим органом у всех разновидностей свеклы является корень и процессы трансформации моносахаров в дисахариды происходят именно там. Поскольку мы исследовали химический состав черешков и листьев, то содержание ди- и олигосахаров в них оказалось ниже, чем в корнеплодах. Такой состав углеводов объясняет и низкую калорийность мангольда (19 ккал/100 г) в отличие от столовой свеклы (43 ккал/100 г).

Особого внимание требует аминокислотный состав сравниваемых видов свеклы. Основным «созидатель-

ным» процессом метаболизма, происходящего в процессе жизнедеятельности растительного организма, является ассимиляция. Важнейшим блоком этого процесса является синтез белков из аминокислот. В нашей работе общее содержание белка у мангольда в среднем на 82% превышало этот показатель у столовой свеклы (табл.1), что повышает ценность этой культуры для кормопроизводства. Максимальных показателей достигли сорта «Fordnoir gigante» (к-3148, Мексика) и «Goldgelb gerippt» (к-48, Германия) – 20,9 и 20,4 мг/100 г (на сухое вещество), соответственно.

Аминокислотный состав изученных образцов представлен в таблице 3. Из восьми незаменимых для человека аминокислот в свекле обнаружены семь: валин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин.

Как видно из таблицы 3, аминокислотный состав мангольда разнообразнее и по большинству позиций превышал показатели у столовой свеклы. Так, содержание валина в 3 раза превышает этот показатель у столовой свеклы, лейцина и триптофана – в 2 раза.

Таблица 3. Аминокислотный профиль опытных образцов столовой свеклы и мангольда (мг/100 г)
 Table 3. Amino acid profile of beet and chard accessions (mg / 100g)

Аминокислоты	столовая свекла		мангольд	
	М	S _x	М	S _x
аланин	9,09	2,2	13,13	1,99
аргинин	0,76	0,29	не обнаружен	
аспарагин	0,03	0,02	4,79	0,67
аспарагиновая кистота	1,27	0,62	35,81	2,16
валин***	3,59	1,81	10,66	1,27
гамма-аминомасляная кислота	3,35	0,64	6,51	0,65
глицин	1,7	0,66	0,44	0,12
глутамин	69,09	17,74	44,08	6,7
глутаминовая кислота	10,04	1,7	30,55	2,47
лейцин	3,35	2,25	7,78	0,88
лизин	не обнаружен		0,16	0,08
метионин	не обнаружен		0,31	0,13
оксипролин	75,89	9,83	21,76	3,38
пролин	4,13	1,66	2,15	1,33
серин	13,43	2,72	23,01	2,75
тирозин	2,18	0,95	9,26	1,48
треонин	6,59	1,2	5,72	0,58
триптофан	1,18	0,4	2,27	0,44
фенилаланин	2,87	0,72	не обнаружен	

*** - курсивом выделены незаменимые для человека аминокислоты



Рисунок 4. Мангольды с максимальными показателями по сумме аминокислот:
 Gruner Schmitt, к-1605 (а), Gruner Schmitt 883, к 1609 (б), Klettganer druner Riesen, к-1612 (с), Германия
 Figure 4. Chard with the maximum amount by the sum of amino acids: Gruner Schmitt, K-1605 (a), Gruner Schmitt 883, K 1609 (b), Klettganer druner Riesen, K-1612 (s), Germany

В столовой свекле не были обнаружены лизин и метионин - особо дефицитные для организма человека аминокислоты. Лизин тесно связан с процессами кроветворения, сохранением азотистого равновесия, кальцификацией костей. В наибольших количествах содержится он в твороге, мясе, рыбе. В растительных продуктах лизин содержится в основном в бобовых. Недостаток лизина в питании вызывает задержку роста, процессов биосинтеза белка. Метионин улучшает пищеварение, ускоряет процесс переработки липидов, уменьшает отложения в области печени, спасает от негативного действия радиации, от химической аллергии. Эти крайне важные аминокислоты присутствовали у некоторых опытных образцов мангольда. Особый интерес вызвал сорт «Klettganer druner Riesen» (к-1612, Германия), в котором обнаружены лизин (1,34 мг/100 г) и метионин (2,15 мг/100 г) одновременно. Обращает на себя внимание группа образцов немецкой селекции (рис.4), с наиболее разнообразным составом и максимальными в опыте показателями аминокислотного состава. Сумма аминокислот у этих образцов составила от 313,04 до 554,78 мг/100 г, что на 42-151% выше среднего по группе ($M = 220,48 \pm 22,13$ мг/100 г). Эти образцы поступили в коллекцию ВИР в 1947 году, фенотипически очень схожи и имеют одну генетическую основу.

У мангольда не обнаружена аминокислота фенилаланин, незаменимая для здоровья центральной нервной системы. В целом, аминокислотный состав листовой свеклы богаче по составу и количеству, чем у столовой свеклы.

Заключение

Сравнительный анализ биохимического состава 44 образцов столовой свеклы (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) и 32 образцов мангольда (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*) выявил значительную изменчивость показателей в зависимости от конкретного генотипа и, возможно, от условий выращивания. К слабо варьирующими (Cv до 33%) можно отнести показатели содержания аскорбиновой кислоты (Cv = 23,2-25,7%), белка (Cv = 16,5-22,5) и пигментов: бетанина – у столовой свеклы (Cv = 9,2%) и β -каротина – у листовой (Cv = 25,3%).

Углеводный состав листовой разновидности свеклы лучше сбалансирован по содержанию моносахаров, отличается пониженным содержанием сахарозы. Аминокислотный состав мангольда богаче и разнообразнее, чем у столовой свеклы, по незаменимым для человека аминокислотам значительно опережает столовую свеклу. Это дает право рекомендовать выделившиеся образцы мангольда к использованию в детском, диетическом и диабетическом питании. Высокое содержание белка в листовой свекле позволяет рекомендовать культуру как компонент для кормопроизводства.

Листовая свекла, к сожалению, мало распространена в РФ. При этом она обладает рядом преимуществ: неприхотлива в выращивании, декоративна и, главное, имеет богатый потенциал для использования в питании человека и кормопроизводстве.

Об авторах:

Соколова Диана Викторовна – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела Генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции свеклы и амаранта
<https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>, ResearcherID: L-3340-2017, Scopus ID: 57204728728

Соловьева Алла Евгеньевна – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии
<https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>, ResearcherID: B-8742-2017

Шеленга Татьяна Васильевна – кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии
<https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

About the authors:

Diana V. Sokolova – PhD in Biological sciences, Senior Researcher
<https://orcid.org/0000-0002-9967-7454>

Alla E. Solovieva – PhD in Biological sciences, Senior Researcher
<https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>

Tatiana V. Shelenga – PhD in Biological sciences, Senior Researcher
<https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>

• Литература

- Herbach K.M., Stintzing E.C., Carle R. Impact of Thermal Treatment on Color and Pigment Pattern of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Preparations. J. Food Sci. 2004;(69):491–498.
- Аблязов Д.Г., Ефремова К.Н., Сокольская О.Б., Опыт использования семейства Chenopodiaceae в озеленении населенных пунктов Саратовской области. Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2018, Материалы международной научно-технической конференции. Под научной ред. О.Б. Сокольской и И.Л. Воротникова. Саратов, 2018. С.11-14.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. С.63-91.
- Pucher G. W., L.C. Curtis and H.B. Vickery. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). II A method to determine betanin. J. Biol. Chem. 1938;123:71-75.
- Jonsson P., Gullberg J., Nordstrom A., et al. A strategy for identifying differences in large series of metabolomics samples analyzed by GS/MS. Anal.Chem. 2004;7:1738-1745.
- Смоликова Г.Н., Шаварда А.Л., Алексейчук И.В., и др. Метаболический подход к оценке сортовой специфичности семян *Brassica napus* L. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(1):121-127.
- Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос. 1980. 495 с.
- Буренин В.И., Пивоваров В.Ф. Свекла. СПб.: ВИР, 1998. С.79.

• References

- Herbach K.M., Stintzing E.C., Carle R. Impact of Thermal Treatment on Color and Pigment Pattern of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) Preparations. J. Food Sci. 2004;69:491–498.
- Abyazov D.G., Efremova K.N., Sokolskaya O.B., Experience of using the Chenopodiaceae family in landscaping settlements of the Saratov region. Landscape architecture and environmental engineering: from the project to the economy – 2018, Materials of the international scientific and technical conference. Under the scientific ed. O.B. Sokolskaya and I.L. Vorotnikova. Saratov, 2018. P.1-14.
- Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Jarosh N. P. et. al. Methods of biochemical research in plants. Leningrad, 1987. P.63-71
- Pucher G. W., L.C. Curtis and H.B. Vickery. The red pigment of the root of the beet (*Beta vulgaris*). II A method to determine betanin. J. Biol. Chem. 1938;123:71-75.
- Jonsson P., Gullberg J., Nordstrom A., et al. A strategy for identifying differences in large series of metabolomics samples analyzed by GS/MS. Anal.Chem. 2004;7:1738-1745.
- Smolikova G.N., Shavarda A.L., Alekseychuk I.V. Metabolic approach to assessing the varietal specificity of seeds of *Brassica napus* L. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(1):121-127.
- Pleshkov B.P. Biochemistry of agricultural plants. M.: Kolos. 1980. 495 p.
- Burenin V.I., Pivovarov V.F. Beet. St. Petersburg: VIR, 1998. P.79.

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-84-87>
УДК 577.114:57.086.3

Бирюлин С.И.,
Посокина Н.Е.,
Тришканева М.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИТЭК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН) 142703, Россия, Московская область, Видное, ул. Школьная, 78
E-mail: labtech45@yandex.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бирюлин С.И., Посокина Н.Е., Тришканева М.В. Выделение углеводов из растительного сырья и их идентификация с применением капиллярного электрофореза. Овощи России. 2019;(5):84-87.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-84-87>

Поступила в редакцию: 16.07.2019

Принята к печати: 17.09.2019

Опубликована: 25.10.2019

Stanislav I. Biryulin,
Nataliya E. Posokina,
Marina V. Trishkaneva

Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS (VNIITeK – Branch of Gorbato Research Center for Food Systems) 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia
www.vniitek.ru
E-mail: labtech@vniitek.ru

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

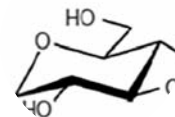
For citation: Biryulin S.I., Posokina N.E., Trishkaneva M.V. The allocation of carbohydrates from vegetable raw materials and their identification with the use of capillary electrophoresis. Vegetable crops of Russia. 2019;(5):84-87 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-84-87>

Received: 16.07.2019

Accepted for publication: 17.09.2019

Accepted: 25.10.2019

Выделение углеводов из растительного сырья и их идентификация с применением капиллярного электрофореза



АННОТАЦИЯ

Актуальность. Углеводы являются неотъемлемыми компонентами клеток и тканей всех живых организмов растительного и животного мира, они являются важными составляющими клеточных стенок растений, а также внеклеточного матрикса тканей животных и человека. Тип моносахаридной композиции полисахаридов определяет их биологические функции для организма. Однако сложно установить взаимосвязь между структурой молекулы углевода и ее биологической функцией.

Методы. В данной статье приведен обзор способов идентификации моносахаридного состава растительных полимеров методом капиллярного электрофореза, с целью оптимизации процедуры пробоподготовки и условий проведения анализа. Приведена схема постадийного выделения полисахаридов из сырья: выделение растворимых моносахаридов и полисахаридов, извлечение пектиновой фракции, извлечение целлюлозы и гемицеллюлозы, с целью изучения состава каждой фракции. Описана процедура кислотного гидролиза полимеров до моносахаридов при помощи таких окислителей, как серная и трифторуксусная кислоты. В заключительной части статьи проведен анализ трех различных схем проведения идентификации моносахаридного состава, а именно разделение компонентов в сильнощелочных условиях, предварительная дериватизация 1-фенил-3-метил-5-пиразолоном, предварительное получение (S)-(-)- α -метилбензиламин (S-PEA) производных. **Результаты и выводы.** Анализ литературы показывает, что состав полисахаридов широко исследуется различными методами. При этом остается ряд проблем, связанных с реализацией этих методов в части пробоподготовки и идентификации всех моносахаридов, характерных для исследуемого сырья. Метод капиллярного электрофореза позволяет решить часть этих проблем, однако до настоящего времени остается мало исследован. Исследование углеводов в растительных объектах начинается с процедуры извлечения углеводов (полисахариды и моносахариды) из растительной матрицы, гидролиза полисахаридов, и последующей идентификацией с применением метода КЭ. Оптимизация данной схемы метода КЭ для определения состава полисахаридов представляет собой актуальную научную задачу.

Ключевые слова: капиллярный электрофорез, полисахариды, растительное сырье, дериватизация, идентификация.

The allocation of carbohydrates from vegetable raw materials and their identification with the use of capillary electrophoresis

ABSTRACT

Relevance. Carbohydrates are integral components of the cells and tissues of all living organisms of the plant and animal world; they are important components of the plant cell walls, as well as the extracellular matrix of animal and human tissues. The type of monosaccharide composition of polysaccharides determines their biological functions for the organism. However, it is difficult to establish the relationship between the structure of the carbohydrate molecule and its biological function.

Methods. In this article, the author provides an overview of methods for identifying the monosaccharide composition of plant polymers by capillary electrophoresis, in order to optimize the sample preparation procedure and the conditions of analysis. A scheme for the stepwise release of polysaccharides from raw materials is given: the isolation of soluble monosaccharides and polysaccharides, the extraction of the pectin fraction, the extraction of cellulose and hemicelluloses, in order to study the composition of each fraction. A procedure for acid hydrolysis of polymers to monosaccharides using oxidizing agents such as sulfuric and trifluoroacetic acid is described. In the final part of the article, three different schemes for the identification of the monosaccharide composition were analyzed, namely, separation of the components under strongly alkaline conditions, preliminary derivatization with 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone, preliminary preparation of (S) - (-) - α -methylbenzylamine S-PEA derivatives.

Results or Findings. An analysis of the literature shows that the composition of polysaccharides is widely studied by various methods. At the same time, a number of problems remain associated with the implementation of these methods in terms of sample preparation and identification of all monosaccharides characteristic of the studied raw materials. The method of capillary electrophoresis can solve some of these problems; however, little has been studied. The study of carbohydrates in plant objects begins with the procedure for extracting carbohydrates (polysaccharides and monosaccharides) from the plant matrix, hydrolysis of polysaccharides, and subsequent identification using the CE method. The optimization of this scheme of the CE method for determining the composition of polysaccharides is an urgent scientific task.

Keywords: capillary electrophoresis, polysaccharides, vegetable raw materials, derivatization, identification.

Углеводы широко распространены в природе, они встречаются в свободной или связанной форме в любой растительной, животной или бактериальной клетке. Углеводы составляет три четверти биологического мира и примерно 60-80% калорийности пищевого рациона [1]. На рис.1 представлена классификация углеводов.

Основной структурной единицей углеводов и их про-



Рис. 1. Классификация углеводов

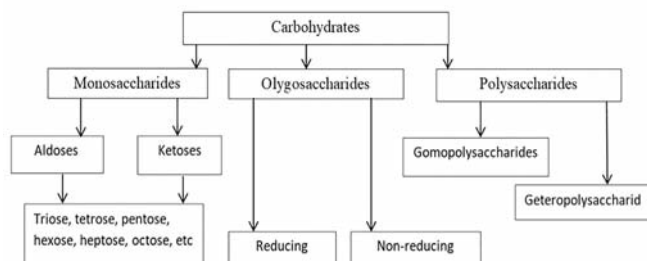


Fig. 1. Carbohydrate classification

изводных являются моносахариды [2]. Известно более 200 природных моносахаридов с размером углеродного скелета от 3 до 8 атомов, однако наиболее важными и распространенными в природе являются пентозы и гексозы. Пентозы в свободном состоянии в растениях не встречаются. Гексозы содержатся в растениях в свободном виде, а также входят в состав олиго- и полисахаридов. [3,4] На рис.2 приведены наиболее распространённые пента- и гексаформы моносахаридов.

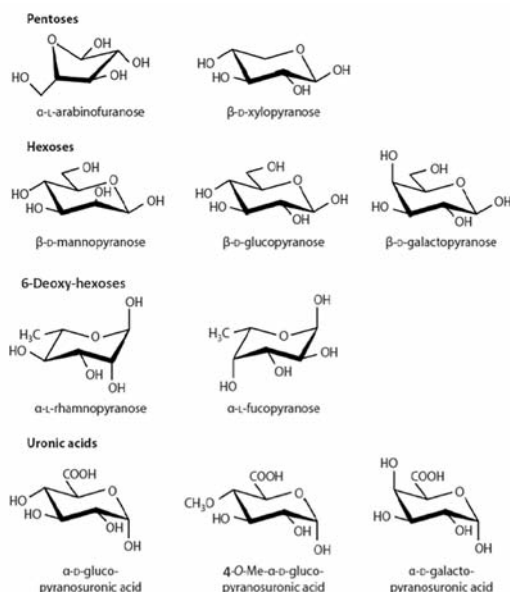


Рис. 2. Химическое строение природных пента- и гексаформ моносахаридов
Fig. 2. Chemical structure of natural penta- and hexaforms of monosaccharides

Моносахариды соединяются между собой, образуя олигосахариды и полисахариды. Олигосахариды – углеводы со степенью полимеризации от 2 до 10 моносахаридов, полисахариды – более 10. Полисахариды могут быть построены из одного моносахарида (гомополисахариды) или нескольких (гетерополисахариды), которые могут быть линейными (целлюлоза и амилоза) или разветвленными в разной степени (амилопектин, гликоген и гуаран). К самым распространенным растительным полисахаридам относятся крахмал, целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества и камеди. Полисахариды находят широкое применение в пищевой промышленности. Например, пектиновые вещества составляют основу фруктовых гелей. Камеди служат эмульгаторами, основой для косметических и фармацевтических кремов, стабилизаторами в пищевой промышленности. Однако потенциал применения таких полисахаридов, как гемицеллюлозы до конца не раскрыт. Определение молекулярного состава полисахаридов – первый шаг в установлении первичной структуры полисахаридов, который поможет в исследовании их биологических функций и физико-химических свойств.

Для изучения углеводного состава и химического строения полисахаридов применяют разнообразные физико-химические методы: газовую хроматографию (ГХ), высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), ионообменную хроматографию, тонкослойную хроматографию (ТСХ), капиллярный электрофорез (КЭ). Для всех перечисленных выше методов идентификации углеводов, характерна трудоемкость пробоподготовки, включающей в себя очистку пробы, выделение фракций и процедуру дериватизации. ВЭЖХ является наиболее распространенным методом анализа углеводов. из-за сложного строения растительной матрицы. В свою очередь, КЭ, который, как и ВЭЖХ, имеет низкий предел количественного и качественного обнаружения, привлекает все больший интерес, так как позволяет анализировать, как дериватизированные, так и недериватизированные углеводы [5]. При этом требует малого количества пробы и расхода реактивов.

В статье [6] авторы при помощи системы капиллярного электрофореза анализируют состав полисахаридов, выделенных из лапчатки гусиной. Данное лекарственное растение обладает противосудорожным, кровоостанавливающим, антисептическим, сильным вяжущим и мочегонным действием. Из свежего цветущего растения изготавливают гомеопатическое средство «*Potentilla anserina*». Моносахаридная композиция была представлена следующими компонентами: фукоза, манноза, ксилоза, глюкуроновая кислота, глюкоза, рамноза, галактуриновая кислота, галактоза, арабиноза. Авторами в образцах лимонного, ананасового и апельсинового соков [7] были обнаружены такие моносахариды, как глюкоза и фруктоза.

Исследование углеводов в растительных объектах начинается с процедуры извлечения углеводов (полисахариды и моносахариды) из растительной матрицы, гидролиза полисахаридов, и последующей идентификацией с применением метода КЭ.

Извлечение углеводов из растительного сырья

Растительные полисахариды делят на внутриклеточные полисахариды и внеклеточные полисахариды (экзополисахариды) в соответствии с местом их синтеза. В составе растительной клетки присутствуют свободные моносахариды, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, целлюлозы и гемицеллюлозы. Выделение сахаров из растительного сырья происходит в несколько этапов [8]. Первым шагом является обезжиривание, для этого обычно применяют экстракцию по Сокслету с использованием органического растворителя, такого как петролейный эфир и 95% этанол, этот шаг обязателен для богатых липидами растений. Затем проводят экстракцию водой, которая является дешевым, эффективным и универсальным методом извлечения свободных

углеводов и водорастворимых полисахаридов, особенно эффективна экстракция горячей водой, которая значительно ускоряет процесс высвобождения полисахаридов из растительного сырья. Однако следует учитывать, что при высоких температурах и длительном времени экстракции происходит частичная дегградация полисахаридов [9]. Время экстракции, температура, соотношение воды и растительного материала, а также количество циклов экстракции – основные параметры, влияющие на выход экстрактивных веществ при водной экстракции. Согласно исследованию [10], стандартными условиями, подходящими для большинства водорастворимых углеводов, являются температура экстракции 70–90°C и время экстракции 2–6 ч. Далее проводят извлечение пектиновых веществ. Так как пектиновые вещества растворимы в слабощелочных растворах, для их извлечения целесообразно применять растворы органических кислот, например, 0,5% раствор щавелевой кислоты. Для извлечения из остатков растительной ткани гемицеллюлоз применяют щелочную обработку 5% раствора гидроксида калия или натрия.

Гидролиз полисахаридов

Процесс гидролиза требуется для анализа моносахаридного состава полисахаридов, для этого применяют кислотный гидролиз, а в качестве окислителей используют серную или трифторуксусную кислоты [11, 12]. Как правило, степень гидролиза полисахарида зависит от концентрации кислоты, температуры и времени обработки кислотой. Дисперсионный анализ показал, что все три параметра влияют на процесс гидролиза. Оптимизированные условия гидролиза были достигнуты при обработке пробы 1,5 М раствором серной кислоты, температура гидролиза 100°C и время 5 ч [13]. В работе [14] для гидролиза полисахаридов был использован 2М раствор трифторуксусной кислоты, время гидролиза составило 2 часа при температуре 120°C. При кислотном гидролизе полисахаридных полимеров, содержащих в своем составе группу урановых кислот, условия меняют следующим образом: концентрация серной кислоты 2,0 М, температура 110°C, время гидролиза 6 часов [15]. Также известно, что в одном из исследований [16] для ускорения процесса гидролиза полисахаридов использовалась микроволновая обработка.

Идентификация моносахаридов методом зонного капиллярного электрофореза

Особенности строения моносахаридов (из-за отсутствия функциональных групп, за исключением нескольких гидроксильных, молекулы сахаров поглощают узкий спектр УФ от 190 до 210 нм) создают трудности их идентификации. В связи с этим основные методы определения моносахаридов при помощи КЭ следующие:

- ионизация при высоком значении pH (сильнощелочные условия).
- предварительное получение (S)-(–)-α-метилбензиламин (S-PEA) производных
- предварительная дериватизация

Разделение в сильнощелочных условиях

Гидроксильные группы углеводов могут быть ионизированы в сильнощелочных условиях (pH > 11,5). Сильнощелочные условия используются для разделения недериватизированных углеводов. Например, в работе [17] многокомпонентная смесь недериватизированных моносахаридов и их производных была успешно разделена в сильнощелочном буфере. Стоит отметить, что в данном эксперименте для обращения электроосмотического потока в сторону анода и разделения при отрицательном напряжении, в состав фонового электролита (ФЭ) был добавлен цетилтриметиламмоний бромид. Для разделения при положительном напряжении и косвенном УФ-детектировании четырех моносахаридов (галактоза, рамноза, арабиноза, галактуроновая кислота) в работе [18] использовался 5 мМ фосфатный буфер (pH 12,8) с добавлением индол-3-уксусной

кислоты. Тем не менее, существует вероятность разложения углеводов при разделении в щелочном буфере [19]. Недериватизированные сахара имеют разные значения pKa и могут быть ионизированы в разной степени, в зависимости от кислотности ФЭ. Следовательно, при данном подходе разделения сахаров важным параметром является концентрация ФЭ. Например, в работе [20] для анализа семи нейтральных моносахаридов (фукоза, галактоза, глюкоза, рамноза, арабиноза, фруктоза и ксилоза), были исследованы концентрации NaOH от 30 до 150 мМ в качестве основы ФЭ. Низкая концентрация NaOH давала неполное разделение аналитов (пики рамнозы, арабинозы и глюкозы полностью перекрывались между собой при концентрации <80 мМ). Полное разделение смеси моносахаридов наблюдалось при концентрации NaOH 120 мМ, дальнейшее увеличение концентрации NaOH усиливало шум базовой линии. Таким образом, окончательные условия следующие: 120 мМ раствор NaOH при напряжении 12 кВ с электрокинетической инжекцией в течение 10 с.

КЭ разделение S-PEA производных моносахаридов

Получение S-PEA производных моносахаридов позволяет разделять энантиомеры моносахаридов [21]. Так как энантиомеры могут служить индикаторами для подлинности пищи, таким образом, данный метод имеет большое значение в биологических исследованиях и пищевом анализе. Сущность метода заключалась в предварительном восстановительном аминировании моносахаридов с помощью S-PEA и дальнейшей стабилизации основания Шиффа при помощи натрия цианоборгидрата. Полученные производные проявляют усиленное поглощение ультрафиолета, а из-за того, что реакция с S-PEA идет избирательно, уменьшается количество возможных изомеров отдельных моносахаридов в растворенной форме, что в свою очередь напрямую влияет на форму пика. В качестве ведущего электролита был выбран 50 мМ боратный буфер с величиной pH 8,8. Детектирование происходит при длине волны 200 нм. Данный метод пригоден для идентификации таких моносахаридов, как рамноза, ксилоза, рибоза, манноза, глюкоза, арабиноза, галактоза и галактуроновая кислоты

КЭ с предварительной дериватизацией

Предварительная дериватизация является наиболее часто применяемым методом обнаружения углеводов. 1-фенил-3-метил-5-пиразолон (PMP) является одним из самых распространенных дериватизирующих агентов, так как реакция проходит в мягких условиях, не требующих кислотного катализатора, способного вызвать изомеризацию [15]. Реакция PMP с моносахаридами – это реакция конденсации. На рис. 3 проиллюстрированы реакции PMP, 1-(2-нафтил)-3-метилпиразолон (NMP) и индола с моносахаридами.

Наиболее часто используемые фоновые электролиты для электрофоретического разделения растительных углеводов – боратные, так как углеводы могут реагировать с тетрагидроксидом бората и образовывать отрицательно заряженные комплексы, что облегчает электрофоретическое разделение в щелочных средах. Это общепринятый метод, независимо от того, являются ли углеводы дериватизированными или нет [22]. Буферы тетрабората натрия или борной кислоты используются в качестве ФЭ в КЭ преимущественно для анализа PMP или NMP производных моносахаридов. Yuanyan Hu и другие в своей работе [23] рассмотрели такие параметры, как различные значения величины pH и концентрации ФЭ, а также температуру и рабочее напряжение для оптимальных условий анализа 10 дериватизированных моносахаридов. Было отмечено, что время миграции аналитов и разрешение увеличивается с ростом величины pH. Базовое разделение 10 аналитов за 20 минут было достигнуто при значениях величины pH 11,0, но более высокий уровень величины pH не мог быть использован для разделения, так как наблюдались дрейф базовой линии и изменение формы пика. Кроме того, с увеличением concentra-

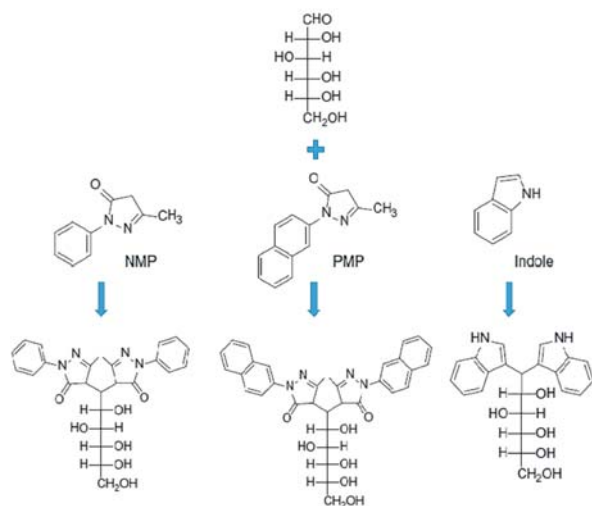


Рис. 3. Реакция дериватизации углеводов
Fig. 3. Carbohydrate Derivative Reaction

ции боратного буфера происходит более полное разделение компонентов, однако, при этом время миграции увеличивалось, из-за роста ионной силы рабочего буфера, что приводит к снижению подвижности аналитов. Конечные условия анализа были следующими: состав ФЭ 175 мМ борат буфер с pH 11,0, напряжение 20 кВ и температура 25°C. В работе [6] был проведен сравнительный анализ для разделения NMP-дериватизированных моносахаридов (ксилоза, арабиноза, глюкоза, рамноза, манноза, фукоза, галактоза, глюкуроновая кислота и галактурононовая кислота) в карбонатном, фосфатном и боратном буферах. Максимальное разрешение пиков было получено при использовании боратного буфера. Отмечено, что разделение было чувствительным к концентрации бората. Установлено, что

время миграции аналитов зависит от концентрации буфера. Полное разрешение пиков с минимальным временем анализа было достигнуто при концентрации ФЭ 55 мМ. Полученные оптимальные условия разделения 10 моносахаридов согласно [6] – 55 мМ раствор боратного буфера (величина pH 9,46) при напряжении 22 кВ и температуре 20°C.

Выводы

Проведенный анализ литературы показывает, что состав полисахаридов широко исследуется различными методами. При этом остается ряд проблем, связанных с реализацией этих методов в части пробоподготовки и идентификации всех моносахаридов, характерных для исследуемого сырья. Практически отсутствуют исследования по структурному анализу гемицеллюлоз данным методом. Метод капиллярного электрофореза позволяет решить часть этих проблем, однако до настоящего времени остается мало исследован.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что структурный анализ при применении метода КЭ целесообразно проводить по следующей схеме. Постатное выделение из растительной ткани растворимых полисахаридов, пектиновых веществ и гемицеллюлоз. Далее гидролиз каждой фракции полисахаридов до монокомпонентов. Гидролизированные монокомпоненты подвергают предварительной дериватизации, так как данная операция позволяет заметно повысить чувствительность метода КЭ к низким концентрациям определяемых моносахаридов. В качестве дериватизирующих агентов наиболее эффективно показали себя следующие соединения: PMP, NMP и S-PEA. В качестве ФЭ использовать боратный буфер из-за его стабильности.

Оптимизация данной схемы метода КЭ для определения состава полисахаридов представляет собой актуальную научную задачу.

Об авторах:

Бирюлин Станислав Игоревич – младший научный сотрудник
Посокина Наталья Евгеньевна, зав. лаб. технологии
консервирования, кандидат техн. наук
Тришканева Марина Валерьевна – Ученый секретарь, кандидат хим. наук
<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

About the authors:

Stanislav I. Biryulin – junior researcher
Nataliya E. Posokina – Head of the laboratory,
Candidate of Technical Sciences (Ph.D.)
Marina V. Trishkaneva – Scientific Secretary, candidate of chemical Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

● Литература / References

- Eliasson, A.-C. Carbohydrates in Food. Third edition. Boca Raton: CRC Press. Taylor and Francis, 2017. P.XVII.
- Shallenberger, R.S. and Birch, G.G. Sugar Chemistry. AVI Publishing, Westport, CT, 1975.
- Phil. Durette, DR. Horton. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. 1971;(26):49-127.
- Филиппова, Г.Г. Основы биохимии растений: курс лекций. Мн.: БГУ, 2004. 13 с. [Filipstova, G.G. Fundamentals of plant biochemistry: course of lectures. Mn.: BSU, 2004. 13 p. (In Russ.)]
- Volpi N. Capillary electrophoresis of carbohydrates: from monosaccharides to complex polysaccharides. New York: Humana Press; 2011.
- Xia L., Sun ZW., Li GL., Suo YR, You JM. A sensitive analytical method for the component monosaccharides of the polysaccharides from a Tibetan herb *Potentilla anserina* L. by capillary zone electrophoresis with UV detector. European Food Research and Technology, 2010;230(5):715–22.
- Rovio, S., Yli-Kauhaluoma, J., & Sirén, H. Determination of neutral carbohydrates by CZE with direct UV detection. ELECTROPHORESIS. 2007;28(17):3129–3135. doi:10.1002/elps.200600783
- Chen Y, Yao F, Ming K, Wang D, Hu Y, Liu J. Polysaccharides from traditional Chinese medicines: extraction, purification, modification, and biological activity. Molecules. 2016;21(12):1705. doi:10.3390/molecules21121705
- Sun YX, Liu JC, Kennedy JF. Application of response surface methodology for optimization of polysaccharides production parameters from the roots of *Codonopsis pilosula* by a central composite design. Carbohydrate Polymers. 2010;80:949–53.
- Shi L. Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: a review. International Journal Biology Macromolecules. 2016;92:37–48.
- Yan J., Shi S., Wang H., Liu R., Chen Y., Wang S. Neutral monosaccharide composition analysis of plant-derived oligo- and polysaccharides by high performance liquid chromatography. Carbohydrate Polymers. 2016;136:1273–1280. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.10.028
- Трофимова Н.Н., Бабкин В.А. Изучение кислотного гидролиза полисахаридов древесины лиственницы для получения кристаллической глюкозы, Химия растительного сырья. 2009;(3):31–37. [Trofimova N.N., Babkin V.A. The study of acid hydrolysis of polysaccharides of larch wood to obtain crystalline glucose, Chemistry of plant materials. 2009;(3):31–37. (In Russ.)]
- Chen J, Yang F, Guo H, Wu F, Wang X. Optimized hydrolysis and analysis of *Radix Asparagi* polysaccharide monosaccharide composition by capillary zone electrophoresis. Journal of Separation Science. 2015;38(13):2327–31.
- Xia, Y.-G., Sun, H.-M., Wang, T.-L., Liang, J., Yang, B.-Y., & Kuang, H.-X. A Modified GC-MS Analytical Procedure for Separation and Detection of Multiple Classes of Carbohydrates. Molecules. 2018;23(6):1284. doi:10.3390/molecules23061284
- Xia YG, Wang QH, Liang J, Yang BY, Li GY, Kuang HX. Development and application of a rapid and efficient CZE method coupled with correction factors for determination of monosaccharide composition of acidic hetero-polysaccharides from *Ephedra sinica*. Phytochemical Analysis. 2011;22(2):103–11.
- Chen J, Yang F, Guo H, Wu F, Wang X. Optimized hydrolysis and analysis of *Radix Asparagi* polysaccharide monosaccharide composition by capillary zone electrophoresis. Journal of Separation Science. 2015;38(13):2327–31.
- Soga, T., and Heiger, D. N. Simultaneous Determination of Monosaccharides in Glycoproteins by Capillary Electrophoresis. Analytical Biochemistry. 1998;261(1):73–78. doi:10.1006/abio.1998.2727
- Wang SB, Qin XM. Detection of monosaccharide constituents in *Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schick polysaccharides by HPCE. Chin J Spectroscopy Lab. 2013;30(3):1451–3.
- Sartori J, Potthast A, Ecker A, Sixta H, Rosenau T, Kosma P. Alkaline degradation kinetics and CE-separation of cello- and xylooligomers, Part 1. Carbohydrate Research. 2003;338:1209–16.
- Yang Z, Wang H, Zhang W, Wang Q, He P, Fang Y. Analysis of neutral sugars of *Asparagus officinalis* Linn. polysaccharide by CZE with amperometric detection. Chromatographia. 2012;75(5):297–304.
- Noe, C. R., Lachmann, B., Mullenbeck, S., and Richter, P. Determination of reducing sugars in selected beverages by capillary electrophoresis. Z Lebensm Unters Forsch A. 1999;208(2):148–152. doi:10.1007/s002170050392
- Hiltunen S, Siren H. Analysis of monosaccharides and oligosaccharides in the pulp and paper industry by use of capillary zone electrophoresis: a review. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2013;405(17):5773–84.
- Hu Y., Wang T., Yang X., Zhao Y. Analysis of compositional monosaccharides in fungus polysaccharides by capillary zone electrophoresis. Carbohydrate Polymers. 2014;102:481–8.

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-88-93>
УДК 635.342:631.563.2

Кондратенко В.В.¹,
Посокина Н.Е.¹,
Семенова Ж.А.¹,
Терешонок В.И.²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИТек – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН) 142703, Россия, Московская область, Видное, ул. Школьная, 78
E-mail: labtech45@yandex.ru
² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14
E-mail: vniissok@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Семенова Ж.А., Терешонок В.И. Исследования динамики развития молочнокислых микроорганизмов при двухстадийном процессе ферментирования белокочанной капусты сорта Парус. Овощи России. 2019;(5):88-93.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-88-93>

Поступила в редакцию: 25.07.2019
Принята к печати: 17.09.2019
Опубликована: 25.10.2019

Vladimir V. Kondratenko¹,
Nataliya E. Posokina¹,
Jeanne A. Semenova¹,
Vladimir I. Tereshonok²

¹ Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS (VNIITek – Branch of Gorbatoev Research Center for Food Systems) 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia
E-mail: vniikoptok@yandex.ru
www.vniitek.ru
² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetables Center (FSBSI FSVC) 14, Selektionnaya str., Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072
E-mail: vniissok@mail.ru

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

For citation: Kondratenko V.V., Posokina N.E., Semenova J.A., Tereshonok V.I. Study of the dynamics of the development of lactic acid microorganisms in the two-stage process of fermenting cabbage varieties "Parus". Vegetable crops of Russia. 2019;(5):88-93 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-88-93>

Received: 25.07.2019
Accepted for publication: 17.09.2019
Accepted: 25.10.2019

Исследования динамики развития молочнокислых микроорганизмов при двухстадийном процессе ферментирования белокочанной капусты сорта Парус



РЕЗЮМЕ

Актуальность. *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum* и *Leuconostoc fallax* являются тремя основными молочнокислыми бактериями, развивающимися при производстве квашеной капусты. Процесс производства ферментированных пищевых продуктов, а также их характеристики определяются ферментирующей активностью используемых микроорганизмов. Многие пищевые продукты (вызревшие сыры, кислая капуста и др.) являются консервированными продуктами: для них срок значительно увеличен по сравнению со сроком хранения сырья, из которого эти продукты изготавливаются. Их характерной чертой является не только высокая стабильность при хранении, но и ярко выраженный вкусо-ароматический букет, обусловленный прямым или косвенным действием ферментирующих микроорганизмов.

Материалы и методы. Микробиологические методы консервирования плодов и овощей основаны на образовании естественных консервантов – молочной кислоты и спирта, накапливающихся в результате сбраживания сахаров молочнокислыми бактериями или дрожжами. Интенсивность молочнокислого брожения и количество накопившейся молочной кислоты зависят от нескольких условий: наличия молочнокислых бактерий, содержания сахаров и других химических веществ в сырье, добавления пряноароматических растений, анаэробных условий, температуры. Благодаря накоплению молочной кислоты приостанавливается развитие других микроорганизмов, а затем и самих молочнокислых бактерий. В работе исследованы динамики развития молочнокислых микроорганизмов и их консорциумов на модельных средах, прошедших предварительную обработку культурой вида *Leuconostoc mesenteroides*, на основном этапе ступенчатого ферментирования белокочанной капусты сорта «Парус». Исследованы динамики развития монокультур *L. brevis*, *L. casei* и *L. plantarum* и их парных консорциумов на основной технологической стадии при двух стадийном процессе ферментирования.

Результаты. Установлено, что предварительное ферментирование модельной среды культурой *Leuconostoc mesenteroides* формирует неблагоприятные условия для развития *L. brevis* и *L. casei* как в монокультуре (псевдоконсорциуме), так и в консорциуме друг с другом, но – благоприятные условия для развития *L. plantarum* как в псевдоконсорциуме, так и в парных сочетаниях с *L. brevis* и *L. casei*.

Ключевые слова: направленное ферментирование, штаммы молочнокислых микроорганизмов, белокочанная капуста, консорциум, модельная среда.

Study of the dynamics of the development of lactic acid microorganisms in the two-stage process of fermenting cabbage varieties "Parus"

ABSTRACT

Relevance. *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc fallax* are the three main lactic acid bacteria developing in the production of sauerkraut. The process of production of fermented foods, as well as their characteristics are determined by the fermenting activity of microorganisms used. Many food products (matured cheeses, sauerkraut, etc.) are canned products: for them, the term is significantly increased compared to the shelf life of the raw material from which these products are made. Their characteristic feature is not only high stability during storage, but also a pronounced flavor bouquet, due to the direct or indirect action of fermenting microorganisms.

Material and methods. Microbiological methods of preserving fruits and vegetables are based on the formation of natural preservatives – lactic acid and alcohol, which accumulate as a result of fermentation of sugars by lactic acid bacteria or yeast. The intensity of lactic acid fermentation and the amount of accumulated lactic acid depend on several conditions: the presence of lactic acid bacteria, the content of sugars and other chemicals in the raw material, the addition of spice-aromatic plants, anaerobic conditions, temperature. Due to the accumulation of lactic acid, the development of other microorganisms, and then the lactic acid bacteria themselves, is suspended. The dynamics of development of lactic acid microorganisms and their consortia on the model media, pretreated by the culture of *Leuconostoc mesenteroides* species, at the main stage of step fermentation of white cabbage of the "Parus" variety are investigated.

Results. Dynamics of development of monocultures of *L. brevis*, *L. casei* and *L. plantarum* and their paired consortia at the main technological stage at two stages of fermentation are investigated. It is established that a preliminary fermentation of a model medium with a culture of *Leuconostoc mesenteroides* generates adverse conditions for the development of *L. brevis* and *L. casei* in the monoculture (pseudotensorial) and in consortium with each other, but favorable conditions for the development of *L. plantarum* in pseudotensorial and in pairwise combinations with *L. brevis* and *L. casei*.

Keywords: directed fermentation, strains of lactic acid microorganisms, white cabbage, consortium, model medium.

Сохранение здоровья и увеличение продолжительности жизни населения страны является приоритетным направлением государственной политики Российской Федерации. Известно, что здоровье человека, прежде всего, зависит от его полноценного и сбалансированного питания. Не менее значимыми факторами являются экологические, что обуславливает необходимость расширения объемов и ассортимента продуктов питания, обладающих бифидогенным потенциалом – проявляющих про- и пребиотические свойства [1].

Принимая во внимание многокомпонентность состава и многовариантность полезных для организма человека свойств растительного сырья, целесообразно его использование в технологии производства функциональных продуктов питания [2].

Квашение и соленье овощей в России получило широкое распространение как массовый вид переработки [3]. При этом успешное производство всех ферментированных продуктов зависит от наличия, роста и метаболизма специфических микроорганизмов [4].

Безопасность пищевых продуктов стала международным приоритетом, и, в целом, существует нулевая толерантность к патогенам или другим опасностям в ферментированных продуктах. Пищевая промышленность ферментированных продуктов эволюционировала из практики, основанной на искусстве или ремесле, в практику, основанную на современной науке и технике. Очевидно, что вопросы безопасности, санитарии, качества и согласованности относятся ко всем обработанным продуктам, а не только к ферментированным продуктам. Тем не менее, пищевая промышленность ферментированных продуктов уникальна – это отрасль, в которой потребительский успех продукта зависит, в том числе, и от роста и активности микроорганизмов [4].

Стандартизация микроорганизмов, используемых для инициирования ферментации, в отличие от других ингредиентов представляет сложную задачу, поскольку их биохимическая активность и даже их концентрация могут значительно варьировать от партии к партии. Пищевая ценность ферментированных продуктов давно признана. При этом научные основы для многих требований к питанию были только недавно изучены [4].

Белокочанная капуста широко используется в качестве субстрата для ферментации, что во многом обусловлено характером процесса, поскольку он включает несколько различных нативных видов микроорганизмов, действующих как часть единой экосистемы [4].

В настоящее время в группу молочнокислых бактерий входят 13 родов грамположительных бактерий: *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Paralactobacillus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Weissella*. Несмотря на то, что границы группы «молочнокислые микроорганизмы» неточные, всем членам этой группы присуще одно общее свойство: продуцирование молочной кислоты при метаболизме гексоз. В зависимости от конечных продуктов метаболизма углеводов, молочнокислые бактерии делятся на две группы. Микроорганизмы, продуцирующие молочную кислоту в качестве главного и единственного продукта сбраживания глюкозы, называются гомоферментативными. Гомоферментативные молочнокислые микроорганизмы (гомолакты) способны вырабатывать вдвое больше энергии из одного количества глюкозы, чем гетероферментативные (гетеролакты). Молочнокислые микроорганизмы, продуцирующие наравне с молочной кислотой также CO₂ и этанол, называются гетероферментативными. Гетероферментативные молочнокислые микроорганизмы играют большую, чем гомолакты роль при образовании вкусо-ароматических соедине-

ний, таких как ацетальдегид и диацетил. Род *Lactobacillus* исторически был подразделён на три подрода: *Betabacterium*, *Streptobacterium* и *Thermobacterium*. *Streptobacterium* (например, *L.casei* и *L.plantarum*) при оптимальной температуре (30°C) продуцируют до 1,5% молочной кислоты при ферментации капусты [5].

Молочнокислые бактерии обладают высокой бродильной способностью и отличаются отсутствием большинства биосинтетических путей. Это обуславливает высокую требовательность рассматриваемых бактерий к субстрату, которая удовлетворяется лишь на таких средах, как ткани растений, молоко, содержащее желудочно-кишечного такта животных [6].

Молочнокислые бактерии развиваются в довольно широком диапазоне температур. Для большинства видов предпочтительны температуры от 7 до 42°C, при оптимуме 30-40°C [6].

Многие молочнокислые бактерии успешно размножаются в диапазоне pH 5,5-8,8, однако более для этого подходит нейтральная реакция среды [6]. В таблице 1 приведено разделение молочнокислых микроорганизмов на гомо- и гетероферментативные формы.

Микроорганизмы, развивающиеся в процессе фермен-

Таблица 1. Некоторые гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии [5]
Table 1. Some homo- and heterofermentative lactic acid bacteria [5]

Гомоферментативные Homoenzymatic		Гетероферментативные Heteroenzymatic
<i>Lactobacillus</i>	<i>Tetragenococcus</i>	<i>Lactobacillus</i>
<i>L. acidophilus</i>	<i>us</i>	<i>L. brevis</i>
<i>L. casei</i>	<i>T. halophilus</i>	<i>L. fermentum</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>Vagococcus</i>	<i>L. pontis</i>
subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>L. paralimentarius</i>
subsp. <i>delbrueckii</i>		<i>Leuconostoc</i>
subsp. <i>lactis</i>		<i>L. fallax</i>
<i>L. lactis</i>		<i>L. lactis</i>
subsp. <i>lactis</i>		<i>L. mesenteroides</i>
subsp. <i>cremoris</i>		subsp. <i>cremoris</i>
subsp. <i>diacetylactis</i>		subsp. <i>dextranicum</i>
subsp. <i>hordniae</i>		subsp. <i>mesenteroides</i>
<i>L. plantarum</i>		<i>Carnobacterium</i>
<i>Paralactobacillus</i>		<i>C. divergens</i>
<i>P. selangorensis</i>		<i>C. gallinarum</i>
<i>Pediococcus</i>		<i>Oenococcus</i>
<i>P. acidilactici</i>		<i>O. oeni</i>
<i>Streptococcus</i>		<i>Weissella</i>
<i>S. salivarius</i>		<i>W. cibaria</i>
subsp. <i>salivarius</i>		<i>W. paramesenteroides</i>
subsp. <i>thermophilus</i>		

тирования растительного сырья, в основном принадлежат родам *Lactobacillus* и *Leuconostoc*.

Род *Lactobacillus*

Таксономические методы, которые вошли в широкое использование в 1980-х годах, были применены к определению и идентификации микроорганизмов этого рода. В результате некоторые виды, ранее к нему относящиеся, в более поздних изданиях Определителя бактерий Берджи были перемещены в другие роды [5].

Микроорганизмы, относящиеся к данному роду, представляют собой грамположительные каталазоотрицательные палочки, которые часто встречаются в длинных цепочках. Хотя те бактерии, что обнаруживаются в пищевых продуктах – типичные микроаэрофилы, большинство штаммов – истинные анаэробы, особенно обитающие в толстом кишечнике и рубце. Они в большинстве случаев, если не

всегда, встречаются на овощах, наряду с некоторыми другими молочнокислыми бактериями [5].

Род *Leuconostoc*

Микроорганизмы этого рода – грамположительные, каталазоотрицательные кокки, которые являются гетероферментативными [5].

В практике промышленной переработки как правило применяют закваски – основные стартовые культуры, – которые могут состоять как из монокультур, так и консорциума штаммов [5].

Leuconostoc mesenteroides, *Lactobacillus plantarum* и *Leuconostoc fallax* являются тремя основными молочнокислыми бактериями, развивающимися при производстве квашеной капусты. В естественном производстве соленых огурцов принимают участие следующие молочнокислые бактерии (в порядке увеличения распространённости): *L. mesenteroides*, *E. faecalis*, *P. cerevisiae*, *L. brevis* и *L. plantarum* [5].

Процесс производства ферментированных пищевых продуктов, а также их характеристики определяются ферментирующей активностью используемых микроорганизмов [5]. Многие пищевые продукты (вызревшие сыры, кислая капуста и др.) являются консервированными продуктами: для них срок значительно увеличен по сравнению со сроком хранения сырья, из которого эти продукты изготавливаются. Их характерной чертой является не только высокая стабильность при хранении, но и ярко выраженный вкусо-ароматический букет, обусловленный прямым или косвенным действием ферментирующих микроорганизмов. Кроме того, для некоторых продуктов этой группы присущи повышенное содержание витаминов. В некоторых случаях ферментация снижает токсичность продуктов.

Термин «брожение» («ферментация») в прошлом имело много оттенков значения. Он вошёл в обиход до исследований вин Пастером. Prescott, Dunn и Doelle рассмотрели историю понятия «ферментация», и эти авторы отмечали, что в широком смысле, в котором термин обычно используется, это «... процесс, в котором химические превращения осуществляются в органическом веществе под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами ...». С биохимической точки зрения брожение (ферментация) – метаболический процесс, в котором углеводы и родственные им соединения частично окисляются с высвобождением энергии при отсутствии какого-либо внешнего акцептора электронов. Конечный акцептор электронов – органические соединения, синтезирующиеся непосредственно при распаде углеводов. Следовательно, происходит неполное окисление исходных компонентов, и в процессе высвобождается только небольшое количество энергии. Продукты ферментации состоят из небольшого числа органических соединений, которые имеют меньшую молярную массу, чем исходные [5].

Микробиологические методы консервирования плодов и овощей основаны на образовании естественных консервантов – молочной кислоты и спирта, накапливающихся в результате сбраживания сахаров молочнокислыми бактериями или дрожжами [7]. Интенсивность молочнокислого брожения и количество накопившейся молочной кислоты зависят от нескольких условий: наличия молочнокислых бактерий, содержания сахаров и других химических веществ в сырье, добавления пряноароматических растений, анаэробных условий, температуры. Благодаря накоплению молочной кислоты приостанавливается развитие других микроорганизмов, а затем и самих молочнокислых бактерий. Только дрожжи и плесени могут развиваться в кислых средах, но их жизнедеятельность ограничивают созданием анаэробных условий и добавлением поваренной соли. Количество накопившейся молочной кислоты

(0,7...2,5%) обусловлено наличием и активностью рас молочнокислых бактерий. При молочнокислом брожении, особенно при мочении плодов, содержащих значительное количество сахаров, может происходить спиртовое брожение под действием дрожжей [7].

На основании обширной генетической информации о микроорганизмах, участвующих в ферментации пищи стало возможно производить ферментированные продукты с не только специфичным вкусом и другими функциональными характеристиками, но также возможно придавать питательные свойства, которые приносят пользу потребителям [4]. Понимание изменений, происходящих в сельскохозяйственном сырье под действием консорциумов микроорганизмов, позволяет целенаправленно воздействовать на биохимические процессы, происходящие в сырье, и получать заданный функционально-программный продукт [8].

Производство квашеной капусты и многих других ферментированных овощей зависит от преобладания организмов, которые присутствуют в сырье. Некоторые появляются на ранней стадии в процессе ферментации, выполняют конкретную функцию, а затем исчезают из продукта. Другие организмы, напротив, появляются позже в ферментации, а затем остаются на умеренном и высоком уровнях в течение всего ферментационного и пост-ферментационного процесса. Однако, рост этих организмов в большей степени зависит от условий, какие им создали первые микроорганизмы. Т.е. успех основного этапа ферментации зависит от того, насколько эффективно прошел предферментативный этап [4].

Lactobacillus plantarum часто спонтанно встречаются в больших количествах в продуктах, прошедших молочнокислое брожение, особенно если продукт – на основе растительного сырья, например, в квашеной капусте, солёных огурцах [9]. Квашеная капуста – продукт ферментации свежей капусты. Стартовой культурой для производства квашеной капусты обычно служит нативная смешанная микробиота капусты. Добавление 2,25- 2,5% соли ограничивает рост и активность грамотрицательных бактерий, тогда как молочнокислые палочки и кокки развиваются беспрепятственно [5].

Учитывая важность проведения двухстадийной ферментации овощного сырья с тем, чтобы на первом этапе создать оптимальные условия для развития «основного» пула молочнокислых микроорганизмов, актуальным становится проведение комплекса исследований, направленных на воспроизведения «природоподобного» процесса, в котором на первом этапе основную роль играют бактерии рода *Leuconostoc mesenteroides*, на втором – монокультуры молочнокислых микроорганизмов и их консорциумы.

Цели и задачи:

Исследование динамики развития молочнокислых микроорганизмов и их консорциумов на модельных средах, прошедших предварительную обработку культурой вида *Leuconostoc mesenteroides*, на основном этапе ступенчатого ферментирования белокочанной капусты сорта «Парус». Исследование динамики развития монокультур *L. brevis*, *L. casei* и *L. plantarum* и их парных консорциумов на основной технологической стадии при двухстадийном процессе ферментирования белокочанной капусты сорта Парус.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований были взяты:

– штаммы микроорганизмов рода *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei* и *Lactobacillus plantarum*, предоставленные ФГУП ГосНИИгенетика;

– стерилизованная модифицированная модельная среда на основе белокочанной капусты сорта «Парус».

Модельную среду готовили последовательными операциями, включающими мойку сырья проточной водой, шинкование на полоски толщиной не более 8 мм, гомогенизацию на измельчителе растительного сырья до получения однородной кашицеобразной массы. В полученную массу вносили NaCl в количестве 1,5% от массы среды и перемешивали до полного растворения. Среда фасовали в стеклянные банки объёмом 0,1 дм³ с винтовым типом укупорки, герметично укупоривали и стерилизовали при избыточном давлении 1 бар в течение 20 мин с последующим охлаждением до комнатной температуры, затем в стерильных условиях добавляли аскорбиновую кислоту в количестве 35 мг на 100 г среды, перемешивали до полного растворения и вторично укупоривали также в стерильных условиях.

Процесс ферментации осуществляли в два последовательных этапа. На первом (предварительном) этапе модельную среду инокулировали суспензией *L. mesenteroides* с концентрацией микроорганизмов 10⁴ КОЕ/г в количестве 1,76% от массы среды и инкубировали в чашках Петри при температуре 23...25°C в течение 72 ч. На втором (основном) этапе в подготовленные среды вносили инокулят монокультур (штаммы *L. brevis*, *L. casei* и *L. plantarum*) и консорциумов («*L. brevis* + *L. casei*», «*L. brevis* + *L. plantarum*» и «*L. plantarum* + *L. casei*») молочнокислых микроорганизмов с общей концентрацией 10⁴ КОЕ/г в количестве 2% от массы среды. Основной этап ферментации проводили при температуре +25°C в течение 32 суток. Отбор проб на основной стадии ферментации проводили как в контрольном варианте с *L. mesenteroides* через 0, 1, 2, 3, 7 и 10 суток, так и в вариантах с культурами *Lactobacillus* и их консорциумами через 0, 3, 7, 8, 9, 14, 18, 23 и 32 суток, отсчитывая с момента начала первой стадии ферментирования. В силу объективного присутствия в начальный период основного этапа ферментации некоторой остаточной концентрации практически неактивных клеток микроорганизмов *L. mesenteroides*, общий микробиологический состав сред после внесения монокультур лактобацилл рассматривали как псевдоконсорциумы, в отличие и истинных консорциумов, образуемых при внесении одновременно двух монокультур лактобацилл.

Определение скорости культивирования микроорганизмов проводили путём контроля концентрации микроорганизмов в модельной среде в процессе культивирования в точках отбора проб на протяжении всего процесса ферментации путем посева в агаризованную питательную среду разведений отобранного образца. Посевы инкубировали при температуре 30°C в течение 72/120 часов с последующим подсчётом общего количества всех видимых колоний.

Для уменьшения статистической погрешности, каждый эксперимент проводили в трёхкратной повторности с отбраковкой статистически недостоверных данных.

Отбор проб при исследовании первого этапа ферментации с культурой *L. mesenteroides* проводили на 0-3-4-5-6-7 сутки. Отбор проб при исследовании второй стадии ферментации с культурами *Lactobacillus* и их консорциумами проводили для каждой культуры и консорциума по истечении 0, 3, 7, 8, 9, 14, 18, 23 и 32 суток ферментирования, отсчитывая с момента инокуляции.

Для предотвращения контаминации исследуемых образцов сторонней микрофлорой, отбор проб проводили в боксе стерильными инструментами. Образцы отбирали в одноразовые чашки Петри по 1 г для микробиологических исследований.

Концентрацию молочнокислых микроорганизмов определяли по [10, 11]. Определение проводили путем посева

в агаризованную питательную среду разведений отобранных проб, инкубирования посевов при температуре 30°C в течение 72/120 часов и подсчёта всех видимых колоний.

Математическую обработку и моделирование проводили с использованием табличного процессора Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation) с установленными надстройками «Анализ данных», «Поиск решения» и «Подбор параметра», а также специализированного программного обеспечения – TableCurve 2D v.5.01 (SYSTAT Software Inc.) и Wolfram Mathematica v.10.4 (Wolfram Research Inc.)

Обработку экспериментальных данных проводили по следующему алгоритму:

а) отсеивали статистически ненадёжные экспериментальные данные в повторностях по существующим методикам;

б) массив данных, представляющих динамику исследуемого или промежуточного показателя, аппроксимировали двухфакторными функциями вида при следующих граничных условиях:

– квадрат коэффициента корреляции должен быть не менее 0,96;

– вид аппроксимирующей функции должен подчиняться логике процесса (также и при экстраполяции);

– коэффициенты и константа должны быть значимы по критерию Стьюдента при $\alpha \leq 0,05$;

– вся функция в целом должна быть адекватна по критерию Фишера при $\alpha \leq 0,05$.

Результаты

Анализ экспериментальных данных показал, что функциональные зависимости, наиболее адекватно аппроксимирующие экспериментальные данные, имеют вид:

Характеристики аппроксимирующих функций для каждого варианта исследований представлены в таблице 2.

$$\lg N = \exp\left(\frac{a + c \cdot \tau}{1 + b \cdot \tau + d \cdot \tau^2}\right) \quad (1)$$

где N – концентрация микроорганизмов, КОЕ/г
 τ – продолжительность ферментации, ч
 a – константа
 b, c, d и f – коэффициенты

– для псевдоконсорциума *L. mesenteroides* \ *L. brevis*:

$$\lg N = \exp\left(\frac{a + c \cdot \tau}{1 + b \cdot \tau + d \cdot \tau^2}\right) \quad (2)$$

– для псевдоконсорциума *L. mesenteroides* \ *L. casei*:

$$\lg N = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{\tau - b}{c}\right)} \quad (3)$$

– для псевдоконсорциума *L. mesenteroides* \ *L. plantarum*:

$$\lg N = \exp\left(\frac{a + c \cdot \tau + f \cdot \tau^2}{1 + b \cdot \tau + d \cdot \tau^2 + f \cdot \tau^3}\right) \quad (4)$$

– для консорциума *L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L. casei*:

$$\lg N = \frac{a}{2} \cdot \operatorname{erfc}\left(-\frac{\ln(\tau \cdot b^{-1})}{c \cdot \sqrt{2}}\right) \quad (5)$$

– для консорциума *L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L. plantarum*:

$$\lg N = \exp(a + b \cdot \tau + c \cdot \tau^2 + d \cdot \tau^3) \quad (6)$$

– для консорциума *L. mesenteroides* \ *L. casei* + *L. plantarum*:

$$\lg N = \exp(a + b \cdot \tau + c \cdot \tau^2 + d \cdot \tau^3 + f \cdot \tau^4) \quad (7)$$

На рисунках 1-3 приведены зависимости концентрации микроорганизмов (в псевдоконсорциумах) и их консорциумов от продолжительности ферментации, а также аддитивные функции концентрации микроорганизмов в

Таблица 2. Характеристики аппроксимирующих функций по вариантам исследований
Table 2. Characteristics of approximating functions by research options

Монокультуры микроорганизмов и их консорциумы / Monocultures microorganisms and their consortia	Константа и коэффициенты / Constant and coefficients					
	a	b	c	d	e	f
Предварительное ферментирование						
<i>L. mesenteroides</i>	8,5321	7,2456·10 ⁻²	2,1652	5,32275·10 ⁻⁴		
Основное ферментирование						
псевдоконсорциумы						
<i>L. mesenteroides</i> \ <i>L. casei</i>	8,275·10 ⁷	84,49217	-2,84546			
<i>L. mesenteroides</i> \ <i>L. brevis</i>	18,4623	-5,9596·10 ⁻³	-0,1282	1,01265·10 ⁻⁵		
<i>L. mesenteroides</i> \ <i>L. plantarum</i>	18,8891	0,11826	1,59107	-3,4402·10 ⁻⁴	-2,325·10 ⁻³	3,6857·10 ⁻⁷
консорциумы						
<i>L. mesenteroides</i> \ <i>L. brevis</i> , <i>L. casei</i>	1,635·10 ⁸	77,4505	-0,1036			
<i>L. esenteroides</i> \ <i>L. brevis</i> + <i>L. plantarum</i>	19,1225	-4,7869·10 ⁻²	2,6164·10 ⁻⁴	-3,2199·10 ⁻⁷		
<i>L. mesenteroides</i> \ <i>L. casei</i> + <i>L. plantarum</i>	18,4695	-3,7658·10 ⁻²	2,415·10 ⁻⁴	-4,0243·10 ⁻⁷	1,330·10 ⁻¹⁰	

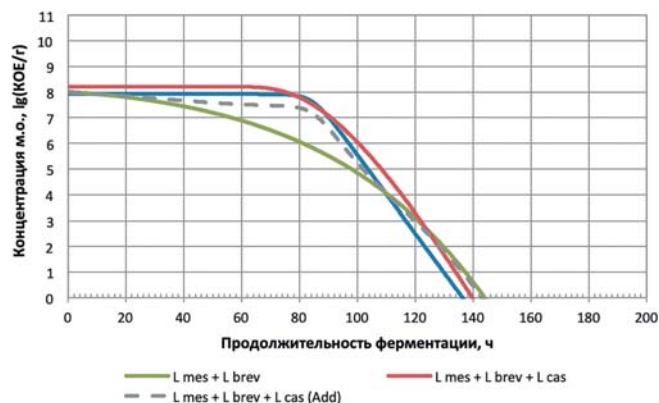


Рис. 1. Зависимость концентрации микроорганизмов и их консорциумов от продолжительности ферментации
Псевдоконсорциумы: *L. mes* + *L. casei* – *L. mes* + *L. brev* – *L. mesenteroides* \ *L. brevis*; консорциум: *L. mes* + *L. brev* + *L. cas* – *L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L. casei*; *L. mes* + *L. brev* + *L. cas* (Add) – аддитивная зависимость
Fig. 1. The dependence of the concentration of microorganisms and their consortia on the duration of fermentation

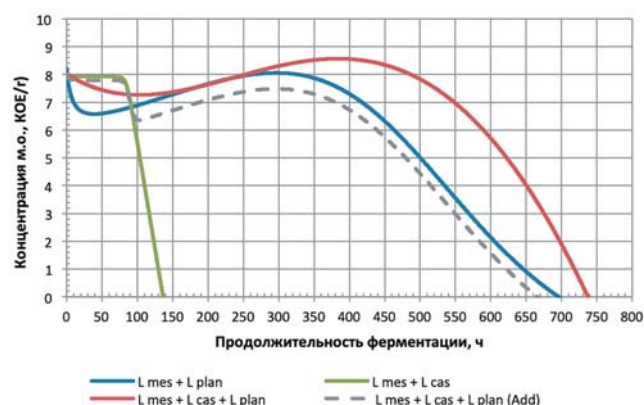


Рис. 3. Зависимость концентрации микроорганизмов и их консорциумов от продолжительности ферментации
Псевдоконсорциумы: *L. mes* + *L. plan* – *L. mesenteroides* \ *L. plantarum*; *L. mes* + *L. cas* – *L. mesenteroides* \ *L. casei*; консорциум: *L. mes* + *L. cas* + *L. plan* – *L. mesenteroides* \ *L. casei* + *L. plantarum*; *L. mes* + *L. cas* + *L. plan* (Add) – аддитивная зависимость
Fig. 3. The dependence of the concentration of microorganisms and their consortia on the duration of fermentation

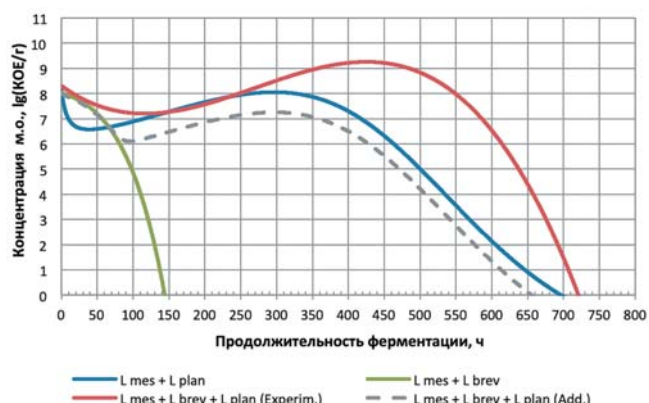


Рис.2. Зависимость концентрации микроорганизмов и их консорциумов от продолжительности ферментации
Псевдоконсорциумы: *L. mes* + *L. plan* – *L. mesenteroides* \ *L. plantarum*; *L. mes* + *L. brev* – *L. mesenteroides* \ *L. brevis*; консорциум: *L. mes* + *L. brev* + *L. plan* – *L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L. plantarum*; *L. mes* + *L. brev* + *L. plan* (Add) – аддитивная зависимость
Fig. 2. The dependence of the concentration of microorganisms and their consortia on the duration of fermentation

консорциумах.

Начало отсчёта продолжительности основной ферментации соответствовало моменту времени внесения инокулята целевых культур рода *Lactobacillus* в субстрат, прошедший этап предварительной ферментации культурой *L. mesenteroides*.

Анализ результатов экспериментальных данных показывает, что условия модельной среды, модифицированной на этапе предварительной ферментации, являются относительно неблагоприятными для развития микроорганизмов рода *L. brevis*, концентрация которых сравнительно быстро снижается, начиная с момента инокуляции.

Для микроорганизмов рода *L. casei* характерно наличие выраженной лаг-фазы, после чего, предположительно, условия среды оказываются окончательно неблагоприятными для их жизнедеятельности, что характеризуется практически линейной динамикой убывания концентрации. Тем не менее, концентрации обеих культур в составе псевдоконсорциумов сходят на нет по истечении 136–144 часов ферментации. Примечательно, что динамика концентрации консорциума «*L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L.*

casei» практически идентична таковой для *L. casei*, что указывает на доминирование последнего. В отличие от предыдущих двух культур, микроорганизмы рода *L. plantarum* по прошествии некоторой фазы угнетения в течение первых 40 часов культивирования демонстрировали уверенный прирост концентрации в течение следующих 260-270 часов культивирования. При этом, несмотря на в целом негативную динамику развития *L. brevis* и *L. casei* в составе псевдоконсорциумов, совместное культивирование этих культур с *L. plantarum* благотворно сказалось как на динамике развития таких консорциумов, достигая пика по истечении ~ 400 (*L. mesenteroides* \ *L. brevis* + *L. plantarum*) и ~ 460 (*L. mesenteroides* \ *L. casei* + *L. plantarum*) часов основного ферментирования. При этом сам пик в консор-

циумах на 0,5-1,2 порядка превышал пиковую концентрацию *L. plantarum* в составе псевдоконсорциума.

Выводы

Установлено, что предварительное ферментирование модельной среды культурой *Leuconostoc mesenteroides* формирует неблагоприятные условия для развития *L. brevis* и *L. casei* как в монокультуре (псевдоконсорциуме), так и при в консорциуме друг с другом, но благоприятные условия для развития *L. plantarum* как в псевдоконсорциуме, так и в парных сочетаниях с *L. brevis* и *L. casei*.

Об авторах:

Кондратенко Владимир Владимирович – зам. директора по науке, кандидат техн. наук

Посокина Наталья Евгеньевна – зав. лабораторией технологии консервирования, кандидат техн. наук

Семенова Жанна Александровна – научный сотрудник

Терешонок Владимир Иванович – старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, кандидат с.-х. наук

About the authors:

Vladimir V. Kondratenko – Deputy Director for Science, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.)

Nataliya E. Posokina – Head of the laboratory, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.)

Jeanne A. Semenova – Researcher

Vladimir I. Tereshonok – Senior Researcher, Cand. Sci. (Agriculture)

● Литература

1. Огнева О.А. Разработка технологий фруктово-овощных продуктов с бифидогенными свойствами. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Краснодар, СКЗНИИСИВ, 2015. 24с.
2. Дрофичева Н.В. Разработка технологии производства многокомпонентных функциональных продуктов питания на основе плодового сырья. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Краснодар, СКЗНИИСИВ, 2013. 24 с.
3. Выщепан А.Г., Мельман М.Е. Физико-химические основы соления и квашения овощей. М.: Госторгиздат, 1952. 158 с.
4. Hutkins R.W. Microbiology and technology of fermented foods. IFT Press Blackwell Publishing, 2006. 473 p.
5. Джей Дж.М., Ллсснер М.Дж., Гольден Д.А. Современная пищевая микробиология. Пер. 7-го англ. изд. М.: БИНОМ - Лаборатория знаний, 2017. 886 с.
6. Емцев В.Т., Мишустин Е.Т. Микробиология: учебник для бакалавров. 8-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2012. 445 с.
7. Широков Е. П., Полегаев В. И. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Часть 1. Картофель, плоды, овощи. М.: Колос, 2000. 254 с.
8. Хорольский В.В., Митасева Л.Ф., Габараев А.Н., Машентсева Н.Г. Ким Д.В. Разработка технологии пищевых продуктов на основе нестандартного сельскохозяйственного сырья, биотрансформированного консорциумами микроорганизмов. Пища. Экология. Человек: Материалы пятой международной научно-технической конференции. М.: МГУПБ, 2003. С.55-56.
9. Yu-Long Zh.; Ping H.; Jian-Long Zh. Research of fermented sauerkraut and its advancement. Journal of Food Safety and Quality. 2014;5(12):3998-4003.
10. ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998) Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.
11. ГОСТ ISO 7218-2015 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям. М.: Стандартинформ, 2015. 70 с.

● References

1. Ogneva O.A. Development of technologies for fruit and vegetable products with bifidogenic properties. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. - Krasnodar, SKZNIISIV, 2015. 24 p. (In Russ.)
2. Droficheva N.V. Development of technology for the production of multicomponent functional food products based on fruit raw materials. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Krasnodar, SKZNIISIV, 2013. 24 p. (In Russ.)
3. Cleaved A.G., Melman M.E. Physico-chemical basis of salting and pickling vegetables. M.: Gostorgizdat, 1952. 158 p. (In Russ.)
4. Hutkins R.W. Microbiology and technology of fermented foods. IFT Press Blackwell Publishing, 2006. 473 p.
5. Jay J.M., Lysner M.J., Golden D.A. Modern food microbiology. M.: BINOM - Laboratory of Knowledge, 2017. 886 p. (In Russ.)
6. Yemtsev V.T., Mishustin E.T. Microbiology: a textbook for bachelors. 8th ed., Rev. and add. M.: Publishing house Yurayt, 2012. 445 p. (In Russ.)
7. Shirokov E.P., Polegaev V.I. Storage and processing of crop products with the basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes, fruits, vegetables. M.: Kolos, 2000. 254 p. (In Russ.)
8. Khorolsky V.V., Mitaseva L.F., Gabaraev A.N., Mashentseva N.G., Kim D.V. Development of food technology based on non-standard agricultural raw materials, biotransformed by consortia of microorganisms. Food. Ecology. Man: Proceedings of the Fifth International Scientific and Technical Conference. M., 2003. P.55-56. (In Russ.)
9. Yu-Long Zh.; Ping H.; Jian-Long Zh. Research of fermented sauerkraut and its advancement. Journal of Food Safety and Quality. 2014;5(12):3998-4003.
10. GOST 10444.11-2013 (ISO 15214: 1998) Microbiology of food and animal feed. Methods for identifying and counting the number of mesophilic lactic acid microorganisms. M.: Standartinform, 2014. 23 p. (In Russ.)
11. GOST ISO 7218-2015 Microbiology of food and animal feed. General requirements and recommendations for microbiological research. M.: Standartinform, 2015. 70 p. (In Russ.)

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-94-97>
УДК 005.57

Шабанов Т.Ю.

ООО «СТП»
454021, Россия, Челябинск, а/я 18560 СТП
E-mail shabanovtyu@mail.ru

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шабанов Т.Ю.
Время сделки: оптимизация лага.
Овощи России. 2019;(5):94-97.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-94-97>

Поступила в редакцию: 05.06.2019
Принята к печати: 26.06.2019
Опубликована: 25.10.2019

Timofey Yu. Shabanov

Company STP
PO 18560 STP, Chelyabinsk, Russia, 454021
E-mail: shabanovtyu@mail.ru

Conflict of interest: author declare no conflict of interest.

For citation: Shabanov T.Yu. Time deals: optimization of lag. Vegetable crops of Russia. 2019;(5):94-97 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-94-97>

Received: 05.06.2019
Accepted for publication: 26.06.2019
Accepted: 25.10.2019

Время сделки: оптимизация лага

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Во многом успешная сделка купли-продажи определяется временем совершения. Поиск наилучшего времени сделки увязан с оптимизацией временного лага (от англ. lag – запаздывание). Цель исследования – оптимизация временного лага аграрного рынка.

Материалы и методы. В статье рассмотрена роль времени в бизнес-процессах на примере рыночного предложения картофеля за период 1998-2018 годов.

Результаты. Выявлена тенденция ежегодного сокращения на 365 тыс. т (1,2...1,7% от общего количества) предложения картофеля отечественным производителем. Выявлен приоритет количества предложения картофеля перед ценой производителя для сделок на аграрном рынке РФ. Показан обратнопропорциональный характер зависимости цены производителя от количества картофеля, т.е. чем хуже урожайность, тем выше цена производителя. Сокращение предложения картофеля на 1 млн т на аграрном рынке РФ может привести к росту цены производителя на 8,5 \$/т (4-5% в среднем). Изложена концепция и подтверждена гипотеза о линейаризации равновесных рыночных процессов в условиях временных сдвигов динамики их параметров. Проверено предположение о существовании межинтервального временного оптимума, при котором линейаризация бизнес-процессов максимальна. В ходе корреляционного анализа динамики годовых показателей рынка картофеля выявлено, что месяц май текущего периода – оптимальное время предложений производителя при ограничениях цены и убывающей доходности, и месяц сентябрь – при ограничениях количества и возрастании доходности. При государственном фиксировании цены производителя на аграрном рынке сделки более вероятны в мае, при неурожае (ограниченном количестве) – в сентябре.

Ключевые слова: экономика, аграрный рынок, рынок картофеля, методология, равновесие, линейаризация, оптимизация, временной лаг, время сделки.

Time deals: optimization of lag

ABSTRACT

Relevance. In many ways, a successful purchase and sale transaction is determined by the time it takes to complete it. The search for the best deal time is linked to the optimization of the time lag. The purpose of the study is to optimize the time lag of the agricultural market.

Methods. This article considered a role of time in business processes for Russian potato market of producer into period 1998-2018.

Results. There was trend of annual reduction about 365 thousand tons (1.2...1.7% of total) per year supply of potatoes on Russian domestic market of producers. Some priority of quantity vs price of producer been revealed. There was inverse proportional function between producers' prices and quantity of potatoes. That is than worse harvest that higher producer's price. Reducing a supply of potatoes 1 million tons from agricultural market perhaps increase in producer prices by \$ 8.5 / t (4...5% on average). Offered concept and hypothesis about linearization of equilibrium of market processes into conditions of time shifts of dynamics their parameters were confirmed. There verified assumption about existence of inter-interval time optimum which this linearization maximal business processes. In course of correlation analysis of dynamics of annual indicators of potato market, it revealed month - May of current period as optimal time of producer's offers with price restrictions and diminishing returns, and month - September with quantity restrictions and increasing returns. If fixation of producer's prices situation of deals - May more likely, in case of crop failure (limited quantity) in September.

Keywords: economy, agricultural market, potato market, methodology, balance, linearization, optimization, time lag, time of deals.

Введение

Во многом успешная сделка купли-продажи определяется временем совершения. Поиск наилучшего времени сделки увязан с оптимизацией временного лага (от англ. lag – запаздывание). Монографический анализ научных работ [1-4] показывает актуальность вопроса, однако изложение существующих решений затруднительно для практического применения.

Предложенная концепция циклического временного лага (рис.1) основана на допущении о существовании такого лага Δ цены/количества продукта, при котором линейаризация (от лат. linearis – линейный) зависимости цены/количества формирует рыночное равновесие спроса-предложения. В этой связи, оптимизация временного лага – поиск такого отставания $-\Delta$ или опережения $+\Delta$ во времени T цена/количество Y/X , при котором достигается наилучшая линейаризация их зависимости. В качестве критерия линейаризации выбран известный коэффициент корреляции Пирсона R (рис.1). Положительный $+R$ демонстрирует прямую пропорциональную зависимость, а отрицательный – обратную. При этом степень линейаризации тем выше, чем ближе показатель единичному значению. Таким образом, поиск решения трансформируется в задачу корреляционного анализа.

На рис.1 показана связь линейаризации Y от X при наличии временного лага для X . Очевидно существование такого лага Δ , при котором корреляционная зависимость Y от X линейаризуется.

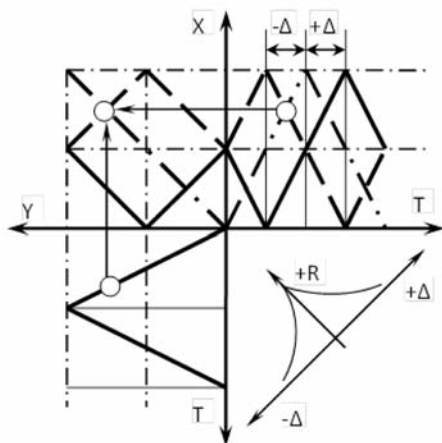


Рис. 1. Концепция и метод циклического временного лага
Fig. 1. The concept and method of cyclic time lag

Цель исследования – оптимизация временного лага аграрного рынка.

Для достижения данной цели, последовательно были решены следующие задачи:

Сформированы концепция и методика оптимизации циклического временного лага;

Апробирована методика для рынка картофеля РФ.

Методы

Особенности статистических показателей, как комплексность и дискретность, затрудняют использование данных цены и количества продукта в построении кривых спроса-предложения рыночного механизма. Сложность в том, что статистические данные являются дискретным результатом рыночной конъюнктуры и комплексно характеризуют состояния за годовой временной интервал. Другими словами, сложность в определении месячных значений годового интервала. Используем для решения этого вопроса следующий подход (рис.2).

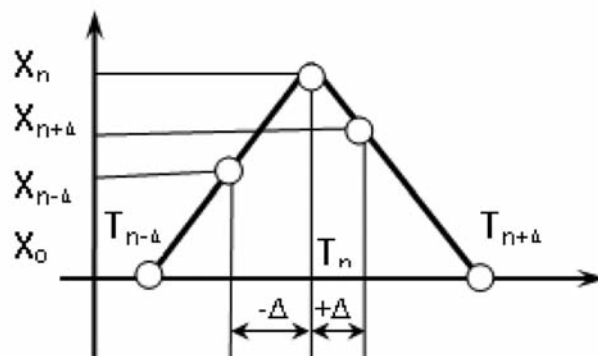


Рис.2. Определение значений временного лага
Fig. 2. Definition of time lag values

В определении месячных значений временного лага Δ лежит предположение о линейном и непрерывном формировании годовых значений T . Таким образом, вопрос определения месячных значений временных лагов сводится к задаче регрессионного анализа, т.е. поиску решения уравнения вида (1) по расчетным значениям (рис.2):

$$X\Delta = \frac{X_n - X_0}{T_n - T_0} \times \Delta T + X_0 \quad (1)$$

Разбиваем годовой период на равные месячные интервалы, их значения для цены/количества. Зная расчетные значения цены/количества продукта для месячных лагов, проведем корреляционный анализ, выявим зависимость коэффициента корреляции Пирсона для значений цены/количества продукта для каждого из месячных лагов. Оптимум этой зависимости определит оптимальный период линейаризации, т.е. значение временного лага как время сделки на аграрном рынке.

Результаты

В качестве исходных данных воспользуемся статистическими регистрами Федеральной службы государственной статистики (см. – <http://www.gks.ru>) – валовые сборы сельскохозяйственных культур по Российской Федерации, хозяйства всех категорий для картофеля, тыс. т; средние цены на картофель производителей сельскохозяйственной продукции по Российской Федерации в 1998-2018 годах, в среднем в год в рублях

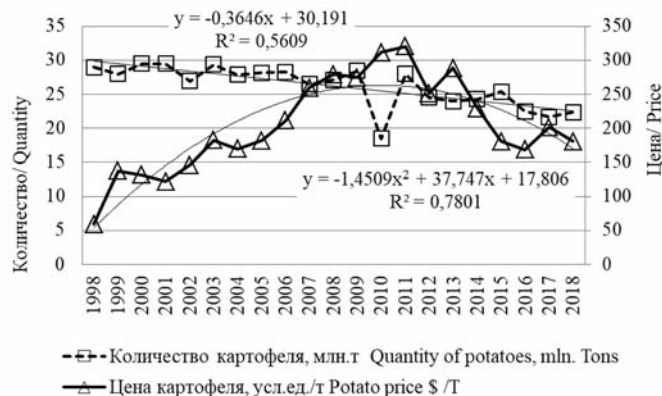


Рис.3. Динамика цены и количества картофеля за период 1998-2018 годов
Fig. 3. The dynamics of the price and quantity of potatoes for the period 1998-2018

за тонну. Для компенсации инфляционной погрешности используем открытые данные Центрального Банка РФ (см. – <http://www.cbr.ru>) о курсе доллара США в рублях РФ на конец года. Проведем перерасчет рублевых цен в условные единицы (доллары США). Полученные результаты изложим графически (рис. 3).

Заметим, что использование валового сбора картофеля для оценки количества продукта на рынке объясняется особенностью хранения и реализации этой культуры производителем. Несмотря на разовый одноили двукратный ежегодный сбор урожая в Российской Федерации, реализация картофеля производителем может проводиться круглогодично из овощехранилищ. Вместе с тем, срок хранения собранной культуры редко превышает годовой период.

С помощью компьютерной программы MS Excel подберем форму кривых трендов и их зависимостей в направлении максимизации величины коэффициента достоверности R^2 . Коэффициент принимает значения от 0 до 1 ед. Чем ближе величина коэффициента к 1 ед., тем сильнее зависимость. При оценке полученных результатов это интерпретируется как соответствие модели данным. Для приемлемых моделей коэффициент должен быть не меньше 0,5 ед. Значение коэффициента, соответствующее 1 ед., означает функциональную зависимость между переменными.

Анализ динамики показателей (рис.3) выявляет ежегодное сокращение валового сбора картофеля в среднем на 364,6 тыс.т, что составляет 1-2% от общего количества. Следует отметить значительные колебания цены картофеля, связанные с изменениями в агротехнике возделывания культуры, урожайностью и размерами посевных площадей.

На основании ранее изложенной методики (рис. 1, 2 и формулы 1), данных (рис.3), рассчитываемых значениях количества картофеля для континуума (от лат. continuum – непрерывное, сплошное) месячных лагов при ценовой константе (лат. constanta – постоянная, неизменная), определим коэффициент корреляции (рис. 4).

Поясним полученные значения (рис 4). Временной лаг $\Delta = 0$ соответствует значениям на 31 декабря текущего периода, значения $\Delta = +1$ соответствует дате 31 января будущего года, а $\Delta = -1$ – 31 ноября текущего периода. Таким образом, при временном лаге $\Delta = -1$ для континуума количества и ценовой константе сопоставляются значения количества на 31 ноября и цены на 31 декабря текущего периода. При $\Delta = +1$ для континуума количества и ценовой константе сопоставляются значения количества на 31 января будущего периода и цены на 31 декабря текущего периода. Таким образом, опреде-

ляются значения количества и цены продукта для месячных лагов, рассчитываются значения коэффициента корреляции (рис.4). Для дополнительного контроля суммируются годовые стоимости картофеля за девятилетний период 1999-2017 годов для каждого месячного лага и отображаются в виде динамики (рис.4). Анализ расчетных данных (рис.4) для континуума количества и ценовой константе рынка картофеля выявляют экстремумы (оптимальное время сделки) коэффициента корреляции (наилучшую линейризацию обратной регрессии) цены/количества) на 31 мая ($\Delta = -7$) текущего периода и май ($\Delta = +5$) будущего периода. При этом суммарная стоимость картофеля за период тем меньше, чем больше задержка сделки. Таким образом, при фиксированных ценах для производителей картофеля оптимальное время сделки для количества картофеля 31 мая при цене на 31 декабря текущего периода (рис.5). Цена текущего года на картофель может формироваться в мае. Если цена будет фиксирована на период, то более раннее совершение сделки формирует большую стоимость (выручку) реализованного картофеля. При этом,

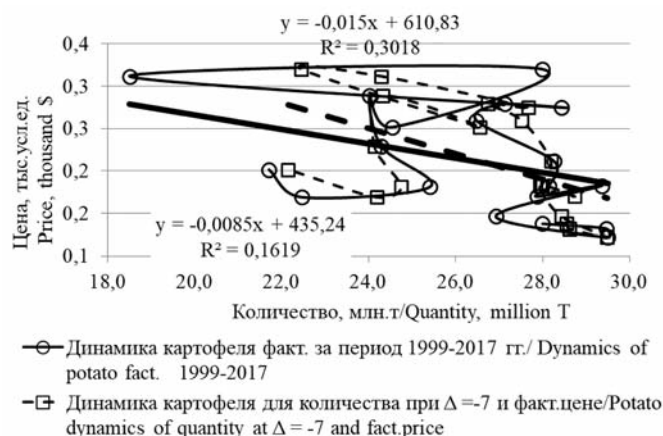


Рис.5. Сопоставление расчетного и фактического количества при фиксированной цене на картофель (1999-2017 годы)
Fig. 5. Comparison of estimated and actual quantities at a fixed price for potatoes (1999-2017)

чем больше количество картофеля на рынке, тем меньше цена по сделке.

Рассмотрим динамику количества (на 31 декабря) к цене (на 31 декабря) картофеля (рис.5). При фактических данных имеет место линейная зависимость $y = -0.0085x + 435.24$ при коэффициенте достоверности $R^2 = 0.1619$. Значение коэффициента достоверности 0,1619 указывает на отсутствие явно выраженной линей-

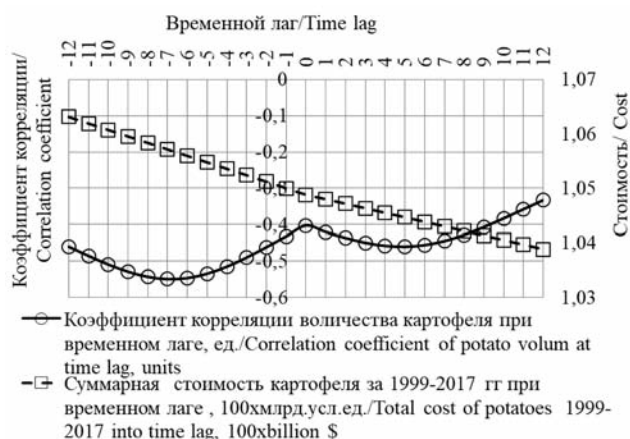


Рис.4. Корреляционный анализ количества картофеля за период 1999-2017 годов
Fig. 4. Correlation analysis of the number of potatoes for the period 1999-2017

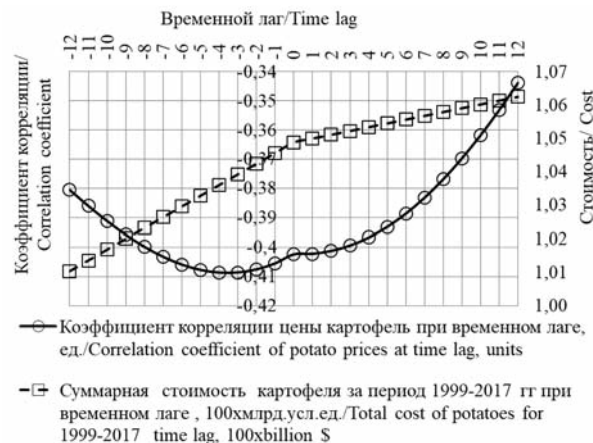


Рис.6. Корреляционный анализ цены картофеля за период 1999-2017 годов
Fig. 6. Correlation analysis of the price of potatoes for the period 1999-2017

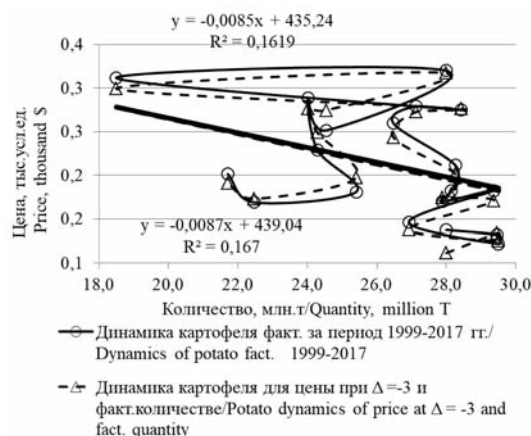


Рис.7. Сопоставление расчетной и фактической цены при фиксированном количестве картофеля (1999-2017 годы)
Fig. 7. Comparison of the estimated and actual prices for a fixed amount of potatoes (1999-2017)

ной связи и высокую дисперсию полученных результатов. Однако очевидна обратная пропорциональная связь между количеством и ценой продукта на рынке, так сокращение количества картофеля на 1 млн тонн может привести к росту рыночной цены на 8,5 усл.ед/т (см. значение коэффициента 0,0085 в анализируемой зависимости).

Проанализируем динамику количества (на 31 мая) к цене (на 31 декабря) картофеля (рис.5). При фактических данных имеет место линейная зависимость $y = -0,015x + 630,83$ при коэффициенте достоверности $R^2 = 0,3018$. Значение коэффициента достоверности имеет большее значение, чем у предыдущей зависимости. Однако и в этом случае, сокращение количества картофеля на 1 млн тонн может привести к росту рыночной цены на 15 усл.ед/т (см. значение коэффициента 0,015 в анализируемой зависимости).

Рассчитаем значения временного лага при ценовом континууме месячных лагов и константе количества, определим коэффициент корреляции и суммы годовой стоимости картофеля за девятилетний период 1999-2017 годов для каждого месячного лага (рис.6). Анализ расчетных данных выявляет экстремум (оптимальное время сделки) коэффициента корреляции (наилучшую линеаризацию обратной регрессии) цены/количества) на 31 сентября ($\Delta = -3$) текущего периода, т.е. оптимальное время сделки для цены картофеля 31 сентября при количестве на 31 декабря текущего периода (рис.6).

При этом суммарная стоимость (выручка) картофеля за период тем больше, чем больше задержка сделки.

Если текущее количество будет фиксировано на период (допустим, вследствие неурожая картофеля или импортных ограничений), то более позднее совершение сделки формирует большую стоимость (выручку) от реализации картофеля.

Рассматривая соотношение (рис.6) цена/количество картофеля при фактическом и оптимальном варианте, очевидно, что изменение временного лага не имеет существенного влияния на динамику цены. То есть в оптимизации временного лага рынка картофеля определяющее значение имеет количество, а не цена (сопоставление рис. 5 и 7).

Выводы

Несмотря на ряд концептуальных допущений, предложенная методика определения месячных значений показателей по фактическим годовым представляет практический интерес для управления в условиях неопределенности или недостаточности информации. Апробация методики демонстрирует возможность применения оптимизации временного лага для исследования аграрного рынка. Несмотря на простоту и доступность изложенной методики, имеются ряд вопросов, связанных с погрешностью статистических данных и неучтенных факторов, требующих дальнейшего исследования и научного обсуждения.

В ходе апробации установлено следующее.

1. Выявлено ежегодное сокращение валового сбора картофеля в среднем на 364,6 тыс.т, что составляет 1,2...1,7% от годового вала.

2. Выявлен обратно пропорциональный характер зависимости цены производителя от количества картофеля, т.е., чем хуже урожайность, тем выше цена производителя. Сокращение предложения картофеля на 1 млн тонн на аграрном рынке РФ может привести к росту цены производителя на 8,5 \$/т (4-5% в среднем).

3. Подтверждена гипотеза о линеаризации равновесных рыночных процессов в условиях временных сдвигов динамики их параметров. Проверено предположение о существовании межинтервального временного оптимума, при котором линеаризация бизнес-процессов максимальна.

4. В ходе корреляционного анализа динамики годовых показателей рынка картофеля выявлен месяц май текущего периода как оптимальное время предложений производителя при ограничениях цены и убывающей доходности, и месяц сентябрь – при ограничениях количества и возрастании доходности. При фиксировании цены производителя на аграрном рынке более вероятны сделки в мае, при неурожае (ограниченном количестве) – в сентябре.

Об авторе:

Шабанов Т.Ю. – кандидат экономических наук

About the author:

Timofey Yu. Shabanov – Candidate of Economic Sciences

Литература

1. Кильматов Т.Р. Временной лаг как фактор потери устойчивости экономической системы. Экономика и математические методы. 2013;49(3):120-122.
2. Корнилов М.В., Сысоев И.В., Безручко Б.П. Оптимальный подбор параметров прогностических моделей в методах нелинейной причинности по Грейнджеру в приложении к сигналам, характеризующим хорошо выраженными временными масштабами. Нелинейная динамика. 2014;10(3):279-295.
3. Геворкян Э.А., Мартиросян А.Э. Макроэкономическая модель Калецкого с учетом инвестиционного временного лага. Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2015;(4):13-15.

References

1. Kilmatov T.R. Time-Lag as a factor of loosing of the economic system. Economics and mathematical methods. 2013;49(3):120-122. (In Russ.)
2. Kornilov M.V., Sysoev I.V., Bezrychko B.P. Optimal selection of parameters of the forecasting models used for the nonlinear Granger causality method in application to the signals with a main time scales. Russian Journal of Nonlinear Dynamics. 2014;10(3):279-295. (In Russ.)
3. Gevorkyan E.A., Martirosyan A.E. Macroeconomic Kalecki's model in view of an investment temporary lag. Statistics and Economics. 2015;(4):13-15. (In Russ.)



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