

ISSN 2312-6701 (Online)

2024, № 1

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО — CONTEMPORARY HORTICULTURE

теоретическое и научно-практическое сетевое издание
<https://journal-vniispk.ru>

КАНДИЛЬ ОРЛОВСКИЙ

Седов Е.Н., Серова З.М., Жданов В.В., Долматов Е.А.

Учредитель и издатель:

ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЕКЦИИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР»



УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-
исследовательский институт
селекции плодовых культур»
(ФГБНУ ВНИИСПК)

**СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО –
CONTEMPORARY HORTICULTURE**

Сетевое издание

ПЕРИОДИЧНОСТЬ

4 номера в год

РЕЕСТРОВАЯ ЗАПИСЬ СМИ

серия Эл № ФС77-77630 от
31.12.2019 г.

ТЕМАТИКА

К публикации принимаются
оригинальные статьи, отражающие
проблематику и результаты
фундаментальных и прикладных
научных исследований в области
генетики, селекции, сортоизучения,
интродукции, биотехнологии,
физиологии, биохимии, иммунитета,
агрехимии, питомниководства,
хранения, переработки и технологий
выращивания плодовых, ягодных и
декоративных растений.

УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Опубликованные материалы
доступны по лицензии CC-BY 4.0
DEED
Attribution 4.0 International

ИНДЕКСАЦИЯ

ВАК, РИНЦ, Google Scholar,
КиберЛенинка

КОНТАКТЫ

302530, Орловская область,
Орловский МО, д. Жилина, д. 1,
ФГБНУ ВНИИСПК
email: journal@vniispk.ru;
web: www.journal-vniispk.ru
тел.: 8(4862)45-00-71

**ПЛАТА ЗА ПУБЛИКАЦИЮ НЕ
ВЗИМАЕТСЯ**

© ФГБНУ ВНИИСПК, 2024

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE

2024, № 1

11 апреля 2023 года включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальностям:

- 4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)
4.1.4 – Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
(сельскохозяйственные науки)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Князев Сергей Дмитриевич, д.с.-х.н., профессор, директор ФГБНУ ВНИИСПК

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Цой Михаил Флоридович, к.с.-х.н., заместитель директора по научной работе ФГБНУ
ВНИИСПК

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Атрощенко Геннадий Парфёнович, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО СПбГАУ

Галашева Анна Мироновна, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Голяева Ольга Дмитриевна, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Грюнер Лидия Андреевна, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Евдокименко Сергей Николаевич, д.с.-х.н., доцент, ФГБНУ ФНЦ Садоводства

Емельянова Ольга Юрьевна, к.б.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Еремин Виктор Геннадиевич, д.с.-х.н., Крымская ОСС - филиал ВИР

Захаров Вячеслав Леонидович, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО ЕГУ им. И.А. Бунина

Кахраманоглу Ибрагим, PhD, Европейский университет Лефке (Турция)

Красова Нина Глебовна, д.с.-х.н. ФГБНУ ВНИИСПК

Кузин Андрей Иванович, д.с.-х.н., доцент, ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина

Курашев Олег Владимирович, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Левченко Светлана Валентиновна, д.с.-х.н., г.н.с., ФГБУН ВНИИВиВ «Магарах» РАН

Макаренко Сергей Александрович, д.с.-х.н., ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН

Макаркина Маргарита Алексеевна, д.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Маринеску Марина Федоровна, к.б.н., Институт генетики, физиологии и защиты растений
АН Молдавии

Назирова Хикматулло Нуруллоевич, д.с.-х.н., профессор, Институт садоводства и
овощеводства Таджикской АСХН

Ноздрачёва Раиса Григорьевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Ожерельева Зоя Евгеньевна, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Осипов Геннадий Емельянович, д.с.-х.н., профессор, ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН

Панфилова Ольга Витальевна, к.с.-х.н. ФГБНУ ВНИИСПК

Прудников Павел Сергеевич, к.б.н., ФГБНУ ВНИИСПК

Раченко Максим Анатольевич, д.с.-х.н., к.б.н., ФГБНУ СИФИБР СО РАН

Резвякова Светлана Викторовна, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В.
Парахина

Седов Евгений Николаевич, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФГБНУ ВНИИСПК

Сорокопудов Владимир Николаевич, д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ ВИЛАР

Солонкин Андрей Валерьевич, д.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН

Сотник Александр Иванович, д.с.-х.н., ФГБУН «НБС-ННЦ»

Трунов Юрий Викторович, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Тургунбаев Кубанычбек Токтоназарович, д.с.-х.н., профессор, Кыргызский
национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина

Тутберидзе Циала Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБНУ ФИЦ СНЦ РАН

Урбанович Оксана Юрьевна, д.б.н., доцент, ГНУ Институт цитологии и генетики НАН
Беларуси

Фоменко Тарас Григорьевич, к.с.-х.н., ФГБНУ СКФНЦСВВ

Хоконова Мадина Борисовна, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ
им. В.В. Кокова

Чумаков Сергей Семенович, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО КубГАУ им. И.Т. Трубилина

Шарье Гийом, PhD, Национальный институт сельскохозяйственных исследований
Франции INRAE

Янчук Татьяна Владимировна, к.с.-х.н., ФГБНУ ВНИИСПК

FOUNDER:

Russian Research Institute of Fruit
Crop Breeding (VNIISPК)

**SOVREMENNOE SADOVODSTVO –
CONTEMPORARY HORTICULTURE**

Theoretical and scientific and
practical online journal

PUBLICATION FREQUENCY

Quarterly a year

AIM AND SCOPE

We accept for publication original
articles reflecting the problems and
results of fundamental and applied
scientific research in the field of
genetics, breeding, variety study,
introduction, biotechnology,
physiology, biochemistry, immunity,
agrochemistry, nursery, storage
technologies, processing and
cultivation of fruit, berry and
ornamental plants.

LICENCE

Creative Commons «Attribution» 4.0
International (CC-BY 4.0 DEED)

INDEXING

Higher Attestation Commission of
Russia's Ministry of Education and
Science (VAK);
eLibrary (Russian Science Citation
Index);
Google Scholar;
CyberLeninka

EDITORIAL OFFICE ADDRESS

VNIISPК, Zhilina, Orel district, Orel
Region, Russia, 302530
email: journal@vniispk.ru
web: www.journal-vniispk.ru
tel.: 8(4862)45-00-71

**FREE OF CHARGE FOR ALL THE
AUTHORS**

© VNIISPК, 2024

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE**2024, Issue 1**

On April 11, 2023, it was included in the list of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the scientific degree of Candidate of Sciences and for the scientific degree of Doctor of Science in the following specialties should be published:
4.1.2 – Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences)
4.1.4 – Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences)

CHIEF EDITOR

Sergey Knyazev, Dr. Agr. Sci., Prof., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

DEPUTY CHIEF EDITOR

Mikhail Tsoy, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Aleksandr Sotnik, Dr. Agr. Sci., Nikita Botanical Gardens - National Scientific Center RAS

Andrei Kuzin, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., I.V. Michurin Federal Scientific Center

Andrey Solonkin, Dr. Agr. Sci., Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the RAS

Anna Galasheva, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Evgeny Sedov, Dr. Agr. Sci., Prof., RAS academician, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Gennady Atroshchenko, Dr. Agr. Sc., Assoc. Prof., Saint-Petersburg State Agrarian University

Gennady Osipov, Dr. Agr. Sci., Prof., Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences

Guillaume Charrier, PhD, French National Research Institute for Agriculture, Food & Environment (INRAE)

Ibrahim Kahramanoglu, PhD, Lecturer, European University of Lefke

Khikmatullo Nazirov, Dr. Agr. Sci., Prof., Institute of Horticulture of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Tajikistan

Kubanychbek Turgunbaev, Dr. Agr. Sci., Prof. K.I. Skryabin Kyrgyz National Agrarian University

Lidia Gryuner, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Madina Khokonova, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Kabardino-Balkar State Agrarian University

Maksim Rachenko, Dr. Agr. Sci., Siberian Institute of Plants Physiologies and Biochemistry, Siberian Branch of the RAS

Margarita Makarkina, Dr. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Marina Marinesku, Cand. Biol. Sci., Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection

Nina Krasova, Dr. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Oksana Urbanovich, Dr. Biol. Sci., Assoc. Prof., Institute of Genetics and Cytology of NAS of Belarus

Oleg Kurashev, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Olga Emelyanova, Cand. Biol. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Olga Golyaeva, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Olga Panfilova, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Pavel Prudnikov, Cand. Biol. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Rimma Nozdracheva, Dr. Agr. Sci., Prof., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Sergey Chumakov, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Kuban State Agrarian University

Sergey Evdokimenko, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery

Sergey Makarenko, Dr. Agr. Sci., Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the RAS

Svetlana Levchenko, Dr. Agr. Sci., Senior Scientist, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking «Magarach»

Svetlana Rezvyakova, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Orel State Agrarian University

Taras Fomenko, Cand. Agr. Sci., North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture

Tatyana Yanchuk, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

Tsiala Tutberidze, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Subtropical Scientific Centre of the RAS

Viktor Eremin, Dr. Agr. Sci., N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

Vladimir Sorokopudov, Dr. Agr. Sci., All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants

Vyacheslav Zakharov, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Bunin Yelets State University

Yuriy Trunov, Dr. Agr. Sci., Prof., Michurinsk State Agrarian University

Zoya Ozherelieva, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК)

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ, СОРТОИЗУЧЕНИЕ

Васылык И.А., Левченко С.В. Развитие селекции сортов винограда как эффективного способа сочетания устойчивости и качества. Научный обзор	1
Савченко О.М., Грязнов М.Ю. Разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность родиолы розовой	22
Лаврусевич Н.Г., Бородкина А.Г. Особенности редукционного деления тетраплоида <i>Malus domestica</i>	32
Федотова И.Э., Острикова О.В., Хархардина Е.Л. Изучение водоудерживающей способности листьев и степени открытости устьиц сливы Центрального региона России в засушливых условиях	41
Ефремов И.Н., Гуляева А.А., Берлова Т.Н., Галькова А.А. Устойчивость сортообразцов вишни биоресурсной коллекции ВНИИСПК к грибным заболеваниям	50

САДОВОДСТВО И ПИТОМНИКОВОДСТВО

Кушнер А.В., Кузин А.И. Динамика содержания калия в почве и листьях яблони в связи с нагрузкой урожаем	60
---	----

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА

Гунина Ю.С., Троско Е.С. Изменение вкуса и массы плодов яблони новых сортов алтайской селекции при длительном хранении	72
---	----

CONTENTS

GENETICS, BREEDING, STUDY OF VARIETIES

- Vasylyk I.A., Levchenko S.V.** Development of grape breeding as an effective way to combine resistance and quality. Scientific review 1
- Savchenko O.M., Gryaznov M.Yu.** Methodology development for conducting tests for distinctness, uniformity and stability of the golden root 22
- Lavrusevich N.G., Borodkina A.G.** Features of the reduction division of the *Malus domestica* tetraploid 32
- Fedotova I.E., Ostrikova O.V., Harhardina E.L.** Studying the water-retaining ability of leaves and the degree of openness of plum stomata in the Central region of Russia in arid conditions 41
- Efremov I.N., Gulyaeva A.A., Berlova T.N., Galkova A.A.** Resistance of sour cherry varieties of the VNIISPK bioresource collection to fungal diseases 50

NURSERY AND HORTICULTURE

- Kushner A.V., Kuzin A.I.** Seasonal changes of potassium content in soil and apple leaves due to crop load 60

STORAGE AND PROCESSING

- Gunina Yu.S., Trosko E.S.** Changes in the taste and weight of fruits of new altai apple cultivars during long-term storage 72

УДК 634.8.09

РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ВИНОГРАДА КАК ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА СОЧЕТАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И КАЧЕСТВА. НАУЧНЫЙ ОБЗОР

И.А. Васылык, С.В. Левченко 

ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН», 298600, ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, Россия

Аннотация

В настоящее время с развитием геномных технологий становится все более возможным установить в геноме винограда гены устойчивости к патогенам и перейти от традиционной генеративной селекции сортов винограда к маркерной селекции (MAS) на уровне генов и геномов. По сравнению с традиционными подходами применение MAS в контексте фонового отбора является своего рода прорывом по обеспечению доступности ценных признаков диких видов в программах селекции в управляемые сроки. MAS позволяет целенаправленно пирамидировать локусы устойчивости. Комбинация различных локусов резистентности представляет интерес не только в отношении степени резистентности, но и для ожидания более высокой устойчивости. Применение MAS также делает возможным выбор подходящих родителей с оптимизированным пирамидальным потенциалом. Одним из направлений селекционной работы по созданию новых сортов, стала селекция на устойчивость филлоксеры, оидиуму и милдью. Однако предубеждения, касающиеся качества вин новых устойчивых сортов препятствовали выходу их на рынок. Эти предубеждения до сих пор популярны и могут быть причиной того, что большая часть винодельческого сообщества игнорирует существенный прогресс в селекции и придерживается использования на практике хорошо известных сортовых вин или купажей. Новым является необходимость повышения устойчивости виноградарства и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды. Изменение климата с его экстремальными погодными условиями уже вызвала необходимость смены сортов во многих винодельческих регионах. Поэтому в дверь стучится смена парадигмы: новые сорта (PIWI) против традиционных сортов для адаптированного к климату и устойчивого виноградарства.

Ключевые слова: селекция, устойчивость, толерантность, филлоксеры, милдью, оидиум, доноры признака, MAS селекция, пирамидирование, ген

DEVELOPMENT OF GRAPE BREEDING AS AN EFFECTIVE WAY TO COMBINE RESISTANCE AND QUALITY. SCIENTIFIC REVIEW

I.A. Vasylyk, S.V. Levchenko 

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking «Magarach» RAS, 298600, Kirova str., 31, Yalta, Republic of Crimea, Russia

Abstract

Nowadays, with the development of genomic technologies, it is becoming increasingly possible to establish pathogen resistance genes in the grape genome and to move from traditional generative breeding of grape cultivars to marker assisted selection (MAS) at the gene and genome level. Compared to traditional approaches, the application of MAS in the context of background selection is a breakthrough in making valuable traits of wild species available in breeding programs in a manageable time frame. MAS allows targeted pyramiding of resistance loci. The combination

of different resistance loci is of interest not only for the degree of resistance but also for the expectation of higher resistance. The application of MAS also makes possible the selection of suitable parents with optimized pyramiding potential. One of the directions of breeding work on the creation of new cultivars was breeding for resistance to phylloxera, downy mildew and powdery mildew. However, preconceptions regarding the wine quality of the new resistant varieties prevented their entry into the market. These prejudices are still popular and may be the reason why much of the wine community ignores significant progress in breeding and sticks to using well-known varietal wines or blends in practice. What is new is the need to increase viticulture resilience and adaptation to changing environmental conditions. Climate change with its extreme weather conditions has already necessitated a change of cultivars in many wine regions. A paradigm shift is therefore knocking on the door: new cultivars (PIWI) versus traditional cultivars for climate-adapted and sustainable viticulture.

Key words: breeding, resistance, tolerance, phylloxera, downy mildew, powdery mildew, trait donors, marker assisted selection, pyramiding, gene

Введение

Vitis vinifera L. является наиболее культивируемым видом в мире для производства винограда, покрывая около 94 % коммерческой площади виноградников. Большая часть винограда используется для виноделия, за ним следует употребление в свежем виде, изюма, соков, желе и мармелада. *V. vinifera* защищают от болезней аэрозольными обработками, которые оказывают воздействие на окружающую среду, экономику и общество. Дикие виноградные лозы, с другой стороны, устойчивы к болезням, но имеют низкое качество винограда. Способом сочетать устойчивость к болезням с качеством винограда является селекция, целью которой является получение новых сортов. Программы разведения были разработаны в XIX веке как в Старом (Европе), так и в Новом Свете, как способ продвижения устойчивого виноградарства.

Исторические аспекты селекционной работы

Целевая селекционная работа началась примерно в начале 19-го века преимущественно в Северной Америке. Переселившиеся туда европейцы не могли получать привычный урожай лозы *Vitis vinifera* L. из-за сильных повреждений от мороза, а также из-за уничтожения винограда местными вредителями, такими как филлоксеры (*Dactylospheera vitifoliae* F.), или грибными заболеваниями, такими как оидиум (*Uncinula necator* B.) и милдью (*Plasmopara viticola* B.&C.). При возделывании местного винограда получались вина с грубым вкусом, менее утонченные и элегантные. Уже в 1822 году исследователи из Гарвардского университета пришли к выводу о необходимости создания гибридов европейских лоз и местного винограда для сочетания морозостойкости и устойчивости к заболеваниям американского винограда с приятным ароматом винограда *Vitis vinifera* L. (Cattell, Miller, 1980). В последующем селекционерами-энтузиастами – Уильям В. Валк, Николас Хербемонт, Герман Йегер, Томас Мансон – выведены новые сорта, такие как Ада, Хербемонт, Брайтон и Даймонд. Большинство сортов, полученных в этот период, было выделено в группу так называемых американских гибридов (рисунок 1).

В Европе селекционная работа по созданию резистентных сортов винограда была начата после завоза филлоксеры и милдью из Северной Америки во второй половине 19 века. Особенно пострадала Франция, где филлоксеры уничтожила сотни тысяч гектаров виноградников, здесь многие частные французские селекционеры начали свои собственные программы селекции. Селекционеры, такие как Гуйлард, Бертиль Сиив, Зибель, Кудерк,

Кульманн, Бако, Сиив Виллард, Ландо и другие, создали тысячи новых сортов с целью сочетания устойчивости к филлоксеру и грибным болезням с высоким качеством, так называемых прямых производителей. Но многие сорта успешными не стали. Вероятно, причиной неудачи послужило недостаточное исследование качественных характеристик получаемых вин, помимо наличия характеристик устойчивости. Это стало одной из главных причин, почему в общественном восприятии резистентные лозы стали ассоциироваться с плохим качеством вина (Eibach, Töpfer, 2014).

Открытие в 1885 году фунгицидных свойств меди и серы привели в конечном итоге к полному сворачиванию частной селекционной деятельности во Франции, поскольку дали виноградарям надежный инструмент в борьбе с грибными болезнями виноградной лозы. Однако историческая заслуга этих селекционеров заключалась в создании очень ценного генетического ресурса. Созданные ими культурные сорта, названные французскими гибридами, интенсивно использовались в дальнейшей селекционной деятельности во второй половине XX века.

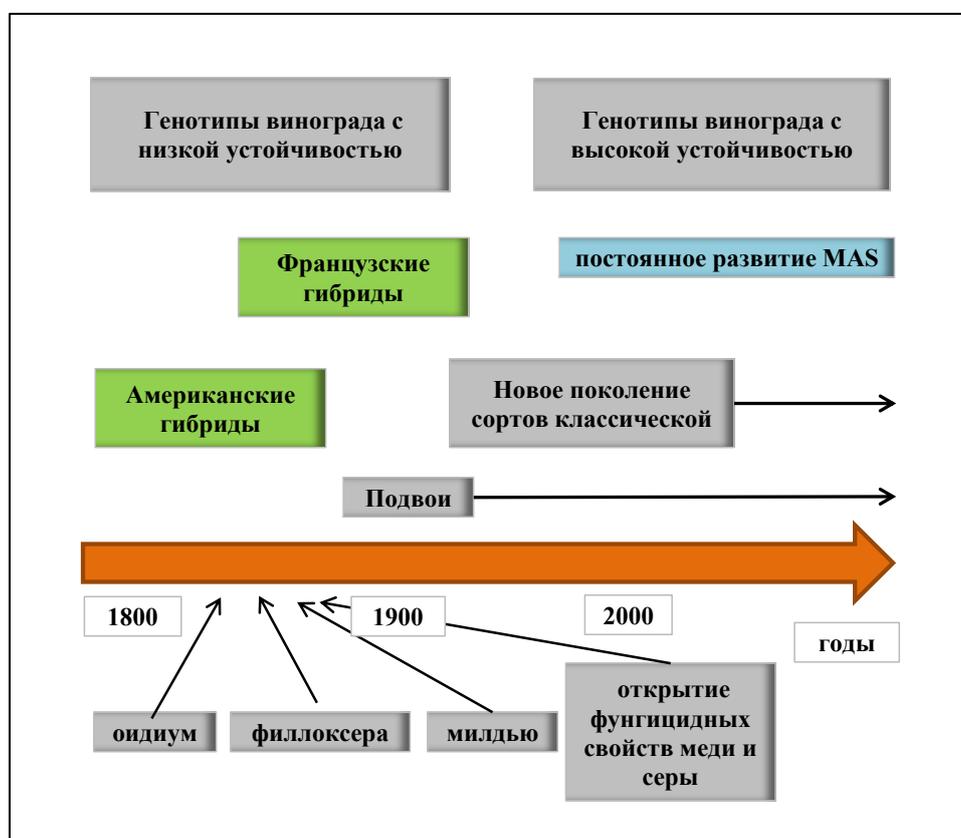


Рисунок 1 – Этапы в селекции винограда

Ранее началась работа по селекции сортов в качестве подвойного материала, с целью создать толерантные к филлоксеру сорта. Первые успешные прививки были выполнены в 1872 году Базилем. Прорывом в области селекции подвоя стало открытие Виалом в 1887 году *Vitis berlandieri*, широко распространенного в Техасе и хорошо приспособленного к известняковым почвам. Около 1896 года Кобер и Телеки отобрали подвойные сорта из комбинаций скрещиваний между *V. berlandieri* и *V. riparia*, используемые до сих пор. Повышение устойчивости к филлоксеру могло быть достигнуто за счет использования генофонда *Vitis cinerea*. Результатом стали такие сорта, как, например, Бернер,

представляющий собой комбинацию скрещивания между *Vitis riparia* и *Vitis cinerea*. Итак, современное виноградарство во всем мире практически полностью основано на использовании привитого посадочного материала с участием недавно выведенных филлоксероустойчивых подвоев (Eibach, Töpfer, 2014).

В других странах селекционная деятельность, направленная на развитие резистентности, началась позже. В Германии она была начата Э. Бауром в 1926 году. Первое поколение скрещиваний привело к появлению таких сортов, как Арис или Зигфридребе. Арис стал первым сортом (межвидовым гибридом), доказавшим возможность сочетания высокой устойчивости к болезням и хорошего качества вина. Но из-за наличия других виноградарских недостатков сорт не получил успеха на рынке. Успехом дальнейшей работы стало создание таких сортов, как Йоханнитер, Мерцлинг, Солярис, Рондо, Регент и Феникс (Töpfer, Trapp, 2022). Феникс и Регент стали первыми сортами, полученными в результате селекции на устойчивость, принятыми для производства качественного вина в Европейском союзе (Röckel et al., 2021; 2022; Bavaresco, Squer, 2022; De Rosso et al., 2023).

В мировых селекционных центрах ведутся исследования по сортоизучению и выделению доноров и источников хозяйственно-ценных признаков и показателей качества урожая. Во многих странах мира были разработаны селекционные программы с участием ведущих селекционеров: Брюс Райш, Энди Уокер, Виолета Цолова (США), Беккер и Аллеведт, Рейнхард Топер, Ричард Айбах (Германия), Буке, Кристоф Шнайдер, Мердиноглы (Франция), Ксимазия и Козьма (Венгрия), Ян Драй (Австралия), Энрико Петерлунгер, Марко Стефанини, Луиджи Бавареско, Риккардо Веласко, Ди Гасперо (Италия) и др., что привело к созданию целого ряда новых сортов, среди которых Сторгосия, Поморийский бисер, Дунайски лазурь, Мерцлинг, Солярис, Приор, Монарх, Гелиос, Орион, Феникс, Сириус, Регент, Виктор, Циллам, Артабан, Видок, Блан дю Буа, Каюга Вайт, Горизонт, Флертай, Сорели, Юлиус и др. (Bavaresco, 1990; 2017; Töpfer, Trapp, 2022). Их можно объединить как сорта нового поколения, полученные методом классической селекции.

Российскими учеными для решения этих же задач разработаны научные основы создания исходного материала, совершенствования генетического разнообразия и выведения новых высокопродуктивных сортов винограда (Кострикин и др., 2002; Волынкин и др., 2009; Клименко, 2014; Ильницкая и др., 2016). В работе селекционеров института «Магарач» одним из ключевых направлений является выведение сортов винограда, обладающих качественными характеристиками традиционно возделываемых в конкретной виноградарской зоне, с коротким вегетационным периодом, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам среды, адаптивных к конкретным условиям культивирования (Лиховской, 2019). Базовой основой для работы стала гипотетическая модель «идеального сорта» винограда, разработанная под руководством П.Я. Голодриги (Голодрига, Трошин, 1978). Она получила развитие в иммуноселекционной программе «Аналог», концепция которой предусматривала создание сортов винограда в зональном разрезе, с высокой урожайностью, качеством продукции, раннеспелостью и устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды. Решением поставленных задач занимались Усатов В.Т., Киреева Л.К., Волынкин В.А., Клименко В.П., Олейников Н.П. Результатом стало создание модели сортов винограда с комплексной устойчивостью к патогенам и хорошим качеством продукции – Рубиновый Магарача, Ранний Магарача, послужившие основой создания сортов Антей магарачский, Аврора Магарача, Первенец Магарача, Подарок Магарача, Тавквери Магарача, Юбилейный Магарача, Цитронный Магарача, Данко, Альминский, Южнобережный, Ассоль и представляющие 3...11-е поколение от межвидовых скрещиваний (Volynkin et al., 2020; 2021a; Vasylyk et al., 2022).

Итогом более чем 100-летней работы по селекции на резистентность и качество, стал значительный прогресс в плане улучшения сортов, сочетающих в себе качество с признаками устойчивости. Этот прогресс потребовал огромных усилий и временных затрат. Причиной тому стали биологические особенности культуры: длинный цикл воспроизводства и получения урожая.

Маркер-вспомогательная селекция (MAS) в создании сортов винограда

Важной причиной трудностей проводимого селекционного процесса являлось недостаточность точных знаний о наследовании важных признаков. В последние десятилетия в отношении генетики винограда достигнут огромный успех. Интенсивная исследовательская деятельность в разных странах привела к разработке различных генетических карт в сочетании с фенотипированием (для идентификации локусов количественных признаков (QTL) по ряду характеристик (Dalbo et al., 2001; Merdinoglu et al., 2003; Riaz et al., 2006; Welter et al., 2007; Hoffmann et al., 2008; Bellin et al., 2009; Volynkin et al., 2021b; Fort et al., 2023).

Метод микросателлитного профилирования широко используется как наиболее информативный для анализа генотипов растений. Метод базируется на генотипировании специфических микросателлитных локусов (SSK-маркеры). Преимущества SSK-маркеров заключаются в возможности тестировать генотипы на любой стадии развития, при кодоминантном типе наследования, в объективности полученных результатов. Система SSK-маркеров имеет высокую дифференцирующую способность и характеризуется высоким уровнем стандартизации. Всё это позволяет получать уникальные генетические профили (молекулярно-генетические паспорта) исследуемых образцов, т.е. идентифицировать их (This et al., 2004; This, 2007; Рисованная, 2009; Рисованная, Гориславец, 2013; Власов и др., 2015; Likhovskoi et al., 2023). Число видов растений и животных, геном которых полностью отсеквенирован (как модельных, так и тех, что используются в сельском хозяйстве), стремительно возрастает. В 2007 году было завершено полногеномное секвенирование винограда (Хлесткина, 2013; Zharkikh et al., 2008).

Использование молекулярных маркеров позволяет значительно ускорять процесс селекции (Altukhov, Salmenkova, 2002; Банникова, 2004; Сулимова, 2004; Смарагдов, 2009; Матвеева и др., 2011; Хлесткина, 2011). В традиционной селекции отбор ведется на основании анализа фенотипа, где при полном доминировании невозможно отличить доминантные гомозиготы от гетерозигот и, следовательно, выбрать индивидуумы для скрещивания в текущем поколении. С помощью молекулярных маркеров можно проводить отбор по генотипу, подобрать подходящие пары и осуществить гибридизацию в текущем поколении; уже на ранней стадии развития можно оценить наследование и провести последующий отбор генотипов гибридных сеянцев, что существенно ускоряет селекционный процесс (Рисованная, Гориславец, 2013; Хлесткина, 2013).

Кроме того, секвенирование различных геномов винограда (Jaillon et al., 2007; Velasco et al., 2007; Myles et al., 2010) стимулировало развитие молекулярных маркеров, связанных с определенными признаками. Это все чаще приводило к регулярному внедрению маркер-вспомогательной селекции (MAS) в программы разведения виноградной лозы.

Пирамидирование различных источников резистентности

Традиционные программы селекции виноградной лозы, направленные на устойчивость к грибам, в целом следуют схеме, показанной на рисунке 2. Сеянцы проходят этап отбора на устойчивость к оидиуму или милдью на искусственно созданном и/или естественном инфекционном фоне.

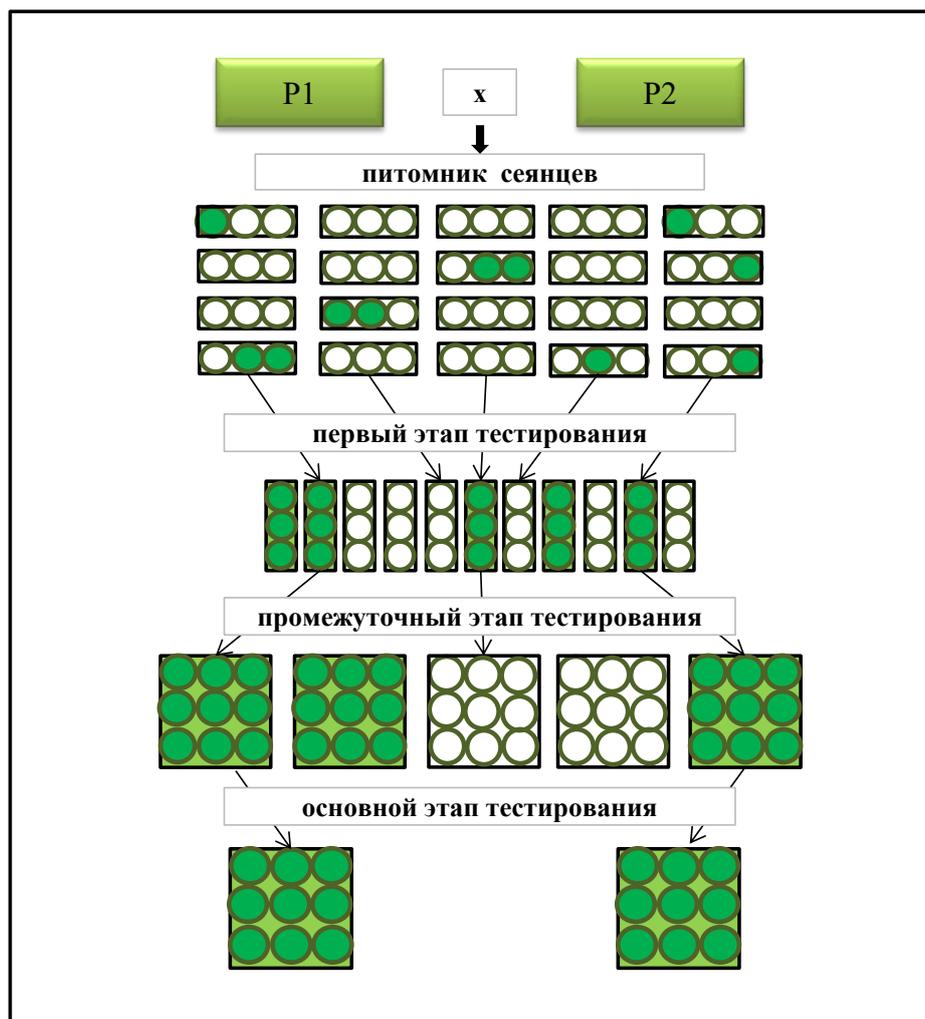


Рисунок 2 – Традиционные программы селекции винограда

Этот вид фенотипического отбора работает достаточно хорошо, если учитывать один источник резистентности, расположенный в одном локусе генома. Крайне желательна комбинация различных источников устойчивости к одному и тому же патогену, расположенных в разных локусах генома, так как это позволит получить более высокую резистентность в долгосрочной перспективе (Eibach, Törfer, 2014). Но фенотипически эти генотипы с комбинированными локусами резистентности могут быть трудно дифференцируемыми. Применение молекулярных маркеров, связанных с локусами, имеющими отношение к резистентности, решают данную проблему. В рамках практической селекционной программы фенотипический и генотипический отбор часто сочетается. На первом этапе применяют фенотипический скрининг для устранения восприимчивых саженцев, а на втором этапе проводят маркер-вспомогательную селекцию (MAS), для определения генотипов с пирамидальной устойчивостью. Рисунок 3 демонстрирует пример данного подхода.

Так исследуемая популяция (150 растений) была получена от скрещивания между Gf.1984-58-988 и VRH3082-1-49. Гибридная форма Gf.1984-58-988 является результатом скрещивания Домина × Регент, и несет в себе локус, отвечающий за устойчивость к милдью *Rpv3*, и локус, связанный с устойчивостью к оидиуму *Ren3*, унаследованный от Регента

(Fischer et al., 2004; Welter et al., 2007). Г.ф. VRH3082-1-49 – это BC4 от *Vitis rotundifolia* и несет локус для *Run1* соотв. *Rpv1* (Merdinoglu et al., 2003; Barker, et al., 2005). Фенотипический отбор, основанный на естественном инфицировании в полевых условиях, не выявил симптомов заболевания оидиумом. Симптомы заболевания милдью либо отсутствовали, либо были незначительными у 66 генотипов из всей популяции (44 %). MAS после этого применяли только для фенотипически устойчивых сеянцев. 64 из 66 сеянцев показали локус *Run1/Rpv1*, что свидетельствует о достоверности фенотипического отбора. Идентифицированы 17 генотипов по комбинации всех локусов устойчивости, что особенно ценно для отбора новых сортов либо дальнейшей селекционной работы.

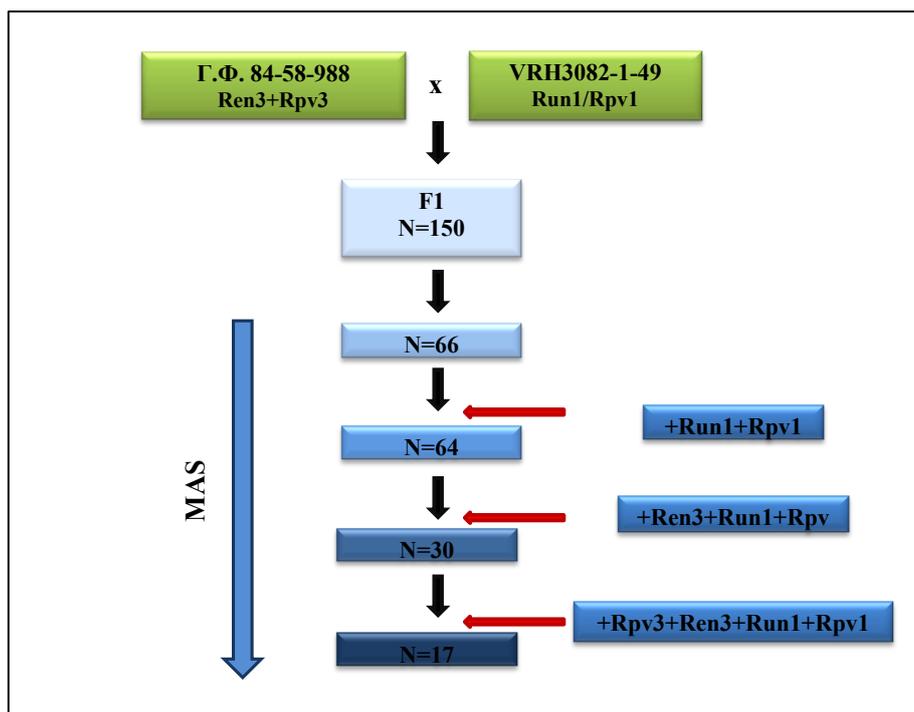


Рисунок 3 – Схема с примером для отбора генотипов с пирамидированными локусами устойчивости

До настоящего времени идентифицированные локусы устойчивости к милдью и оидиуму демонстрируют доминантно-рецессивное наследование, что означает скрещивание генотипа, демонстрирующего гетерозиготный локус устойчивости, и генотипа, являющегося гомозиготным рецессивным в этом локусе, что приводит к уровню сегрегации 1:1 (устойчивый : восприимчивый). Для пирамидирования большего числа несвязанных локусов устойчивости от доноров с гетерозиготными локусами устойчивости решающим моментом может стать размер популяции. В целом можно утверждать, что требуемый для получения одного сеянца с полными пирамидированными локусами устойчивости у потомства размер популяции должен составлять $2N$ (N = количество несвязанных локусов). Учитывая тот факт, что селекция по другим признакам, таким как качество, требует дальнейшей генетической вариации, значительно возрастет требуемый размер потомства.

Для эффективной стратегии пирамидальной резистентности может быть полезным создание линий размножения с пирамидированными гомозиготными локусами устойчивости. Преимущество использования такого рода генотипов в селекции связано с тем, что все потомство, полученное от таких линий, несет все локусы устойчивости, и,

следовательно, вся генетическая вариация может использоваться для выбора других признаков, таких как качественные характеристики. Это может компенсировать тот факт, что размеры популяций, необходимых для идентификации генотипов с комбинированными локусами гомозиготной устойчивости, значительно выше ($22N$; N = количество несвязанных локусов). Особенно, в случае, когда популяции создаются методом перекрестного опыления вследствие самоопыления подходящих генотипов, создание популяции достаточных размеров не должно стать такой уж большой проблемой.

На рисунке 3 продемонстрирован процесс и результаты подхода к идентификации генотипов с локусами устойчивости, гомозиготными для *Run1/Rpv1*, *Ren3* и *Rpv3*.

Помимо этих селекционных линий с полной гомозиготностью по всем локусам устойчивости были идентифицированы другие сеянцы с частично гомозиготными локусами устойчивости, которые также могут быть очень ценными для дальнейшей селекционной работы (рисунок 4).

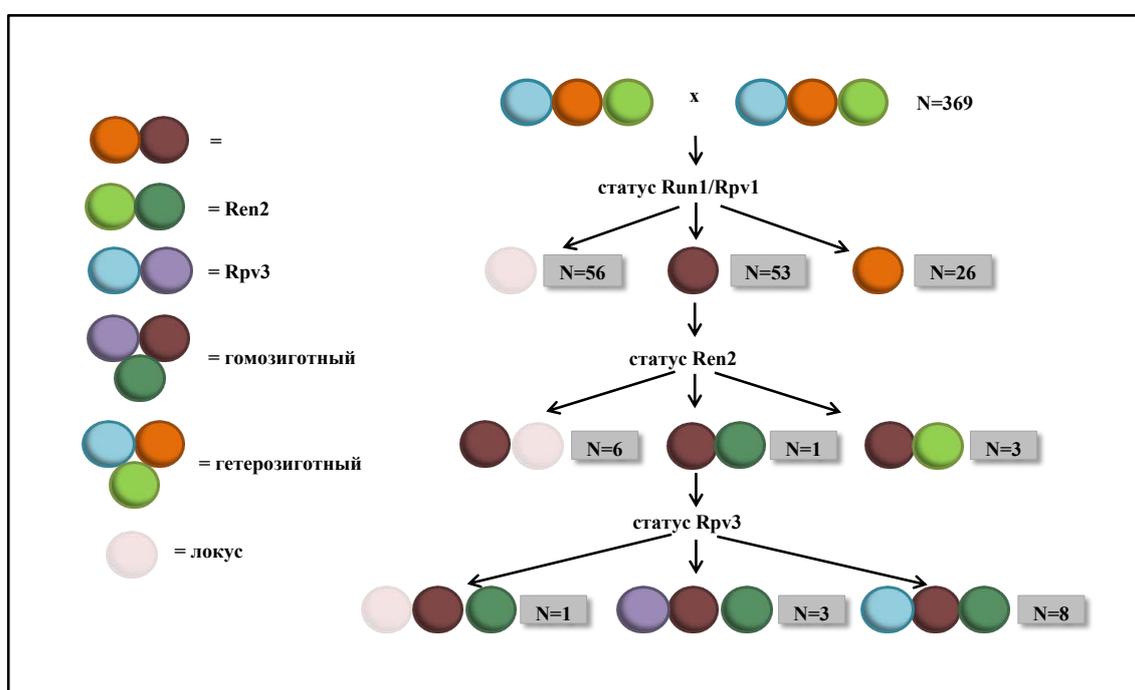


Рисунок 4 – Схема идентификации генотипов с гомозиготными локусами устойчивости, полученными из популяции, полученной путем открытого опыления генотипа с пирамидированными локусами устойчивости *Run1/Rpv1*, *Ren3* и *Rpv3*

Отбор родительских сортов с потенциалом пирамидирования

Для милдью и оидиума была выявлена связь нескольких локусов устойчивости с молекулярными маркерами (Wiedemann-Merdinoglu et al., 2006; Welter et al., 2007; Bellin et al., 2009; Peressotti et al., 2010; Marguerit et al., 2009; Hoffmann et al., 2008; Dalbo et al., 2001; Barker et al., 2005) Их можно использовать для проверки родительских сортов на способность пирамидировать различные локусы устойчивости. Очевидно, что пирамидирования всех связанных с резистентностью локусов за один шаг скрещивания достичь невозможно. Только комбинации группы сортов 5 с группой сортов 7 или 8 (таблица 1) имеют потенциал для объединения четырех связанных с резистентностью локусов (*Ren1 + Ren3 + Run1/Rpv1 + Rpv3* соотв. *Ren3 + Run1/Rpv1 + Rpv3 + Rpv10*). Предполагая конструкцию будущих сортов, имеющих как минимум локус *Run1/Rpv1* и один дополнительный локус и для оидиума, и для

милдью (для повышения долгосрочной устойчивости), селекционерам следует принять во внимание третью резистентность (например, к вредителям) на будущее, чтобы обеспечить перспективность новых сортов.

Таблица 1 – Классификация родительских сортов по наличию (+) соотв. отсутствию (-) локусов, связанных с устойчивостью к милдью

Группа сортов	оидиум милдью				
	Ren1	Ren3	Run1/Rpv1	Rpv3	Rpv10
1*	-	-	-	-	-
2	-	-	+	-	-
3	-	-	+	+	-
4	-	+	+	-	-
5	-	+	+	+	-
6	-	+	-	+	-
7	-	-	-	-	+
8	+	-	-	-	-

* – все традиционные сорта *Vitis vinifera* без устойчивости к милдью и оидиуму

Применяемый к родительским сортам маркер-вспомогательный отбор не только позволяет отобрать родителей с потенциалом пирамидирования, но и избежать скрещиваний с отсутствием потенциального пирамидирования, которые ранее, когда родительский отбор основывался только на фенотипической оценке, было невозможно исключить.

Новые инструменты селекции, такие как MAS, открывают новые возможности для введения характеристик устойчивости от резистентных видов в геном *Vitis vinifera* L., становятся очень эффективны, а также ускоряют селекционную работу. Пирамидирование локусов устойчивости с помощью MAS обещает сочетание качества и высокую устойчивость к болезням. Стратегии селекции, основанные на эмпирическом опыте в прошлом, в ближайшей перспективе будут заменены селекцией, основанной на знаниях, в значительной степени при поддержке селекции с помощью маркеров (Eibach et al., 2010).

Использование устойчивых сортов винограда, полученных в рамках селекционных программ, представляет собой потенциальную альтернативу для борьбы с милдью и оидиумом винограда, хотя этот подход ограничен пределами естественной устойчивости. Последние достижения в изучении взаимодействия инфекции и виноградной лозы приводит к идентификации локусов резистентности с ассоциированными молекулярными маркерами для использования в эффективном скрининге генотипов виноградной лозы и для программ предварительной селекции. Разработка протоколов контролируемой инфекции и современные стратегии «омики» (секвенирование/геномика следующего поколения, QTLomics, транскриптомика, протеомика и метаболомика), интегрированные со сравнительными исследованиями, проливают свет на ранние реакции хозяина на атаку милдью и сложные защитные механизмы растений, которые запускаются. (Buonassisi et al., 2017).

Оптимизация программы псевдо-обратного скрещивания с дикими видами на генетическом фоне *Vitis vinifera* L. с применением MAS

Дикие виды являются ценным ресурсом резистентности от целого ряда вредителей и болезней. С другой стороны, им не хватает качественных признаков, в то время как сорта, принадлежащие к генофонду *Vitis vinifera* L., характеризуются отличными качественными

характеристиками. До настоящего времени имеется очень мало знаний о генетике комплекса соединений, влияющих на качество. Вполне вероятно, что в геноме существует целый ряд локусов, отвечающих за различные влияющие на качество соединения. Поэтому целесообразно установить интрогрессионные линии, обладающие, помимо целевого локуса устойчивости, преимущественно высоким процентом генома *Vitis vinifera* L. Применение MAS для определения таких интрогрессионных линий может не только существенно повысить эффективность, но и ускорить маркер-вспомогательное обратное скрещивание (МАВС). Данная процедура показана на примере введения устойчивости против филлоксеры в генофонд *Vitis vinifera* L. (Zhang et al., 2009; Hausmann et al., 2014). На основе популяции F₁ от скрещивания сорта *Vitis vinifera* 'Gf.V3125' и подвойного сорта Бернер, обладающего высокой устойчивостью к филлоксере на корнях, Занг и др. (Zhang et al., 2009) создали генетическую карту и идентифицировали QTL (локус количественных признаков) по устойчивости к филлоксере на корнях по группе сцепления 13.

Исследования, проводимые в последнее десятилетие Хаусманом и группой исследователей (Hausmann et al., 2014; Frommer et al., 2022) выявили узкие фланкирующие маркеры, подходящие для определения локуса устойчивости *Rdv1*. Демонстрирующие локус устойчивости растения F₁ использовали для создания поколения возвратного скрещивания (pBC₁). 117 сеянцев продемонстрировали отвечающие за устойчивость аллели по всем протестированным маркерам. Для 17 из 25 сеянцев получилось определить связанные с устойчивостью аллели для непосредственно фланкирующих маркеров, но произошла рекомбинация между нисходящими/восходящими маркерами. Девять из 14 сеянцев показали наличие связанных с резистентностью к филлоксере аллелей, только в восходящем/нисходящем от локуса *Rdv1*. Для этих сеянцев события рекомбинации происходили вблизи локуса *Rdv1*, и они представляют интерес для дальнейших исследований по выявлению дополнительных маркеров ближе к локусу-мишени. Для 157 сеянцев, демонстрирующих маркеры устойчивости, непосредственно фланкирующие локус *Rdv1*, была проведена фоновая селекция (Zhang et al., 2009; Hausmann et al., 2014). Всего было проанализировано 99 равномерно распределенных по всему геному SSR-маркеров. Родители и прародители были включены в исследования, что позволило дифференцировать, были ли аллели унаследованы от *Vitis vinifera* L. в насыщающих скрещиваниях или от генотипа диких видов в родословной. Максимальное количество сеянцев классифицируются в диапазоне от 72,5 до 77,5 %, подтверждая уровень ожиданий в 75 % от доли генома *Vitis vinifera* L. в pBC₁. С другой стороны, наблюдали значительное отклонение от среднего значения. Удалось идентифицировать шесть сеянцев с унаследованными от *Vitis vinifera* L. аллелями, в диапазоне от 82,5 % до 87,5 %. Если предположить, что маркеры равномерно распределены по всему геному, можно сделать вывод, что родитель *Vitis vinifera* L. передал от 65 % до 75 % своего генома этим сеянцам.

Результатом геномного чтения подвойного сорта винограда Boerner (*Vitis riparia* GM183 × *Vitis cinerea* Arnold) стало создание полнофазной высококачественной последовательности генома, названной BoeRC. Для описания локуса устойчивости к филлоксере *Rdv1* была проведена комплексная аннотация генов обоих гаплотипов 'Boerner', обозначенных как BoeRip и BoeCin. С помощью картографической популяции, полученной от чувствительного сорта *V. vinifera* и 'Boerner', локус *Rdv1* был дополнительно разграничен. *Rdv1*, происходящий от *V. cinerea* и включенный в гаплотип BoeCin, был сравнен с последовательностями восприимчивых к филлоксере и устойчивых к филлоксере сортов. Между фланкирующими областями, которые демонстрировали высокую синтению, обнаружены и точно охарактеризованы разнообразные области последовательностей, которые охватывают от 202 до 403 кбп в разных гаплотипах. В BoeCin были

идентифицированы пять предполагаемых генов устойчивости к болезням, которые представляют собой вероятных кандидатов для придания устойчивости к филлоксеру (Frommer et al., 2020; 2022).

По сравнению с традиционными подходами применение MAS в контексте фонового отбора является своего рода прорывом по обеспечению доступности ценных признаков диких видов в программах селекции в управляемые сроки. Это сравнение показывает, что при применении фонового отбора число поколений для установления интрогрессионных линий может быть уменьшено с пяти до трех поколений. С учетом четырехлетнего цикла от семени до сеянца винограда, полезную для дальнейшего размножения линию интрогрессии можно получить через 12 лет после установления популяции F₁. Оптимизацией агротехники сеянцев можно сократить цикл от семени до сеянца до двух лет, а это означает, что линию интрогрессии можно получить уже через восемь лет после формирования популяции F₁.

Редактирование генома

В последнее время стали доступны многообещающие методы быстрого получения устойчивых к болезням лоз при сохранении остальных признаков. Наиболее мощным является редактирование генома, такое как CRISPR/Cas (clustered regularly short palindromic repeats – короткие палиндромные повторы, последовательно расположенные группами), которое требует знания нуклеотидной последовательности и функции сайт-мишени. Традиционные винные сорта винограда с различными правками известных мишеней могут быть получены за один этап и отобраны для углубленных испытаний по фенотипическим признакам. Селекция с помощью геномики извлекает выгоду из этих достижений, позволяя быстро идентифицировать гены, связанные с климатическими агрономическими признаками, для селекции культур, адаптированных к меняющемуся климату (Scheben et al., 2016; 2017). Создание новых сортов методом редактирования генома возможно благодаря значительному прогрессу в области геномики, поскольку у генетиков появляется возможность использования больших баз данных.

В мировой практике получены первые положительные опыты с использованием данного метода для целевого мутагенеза и эффективного создания мутаций посредством нокаута на винограде *V. vinifera* L., которые условно можно разделить на 2 группы. Первая группа генов-мишеней – гены восприимчивости к фитопатогенам. Мутации этих генов могут приводить к сдвигу рамки считывания гена, и нарушению его функции, обеспечивающей восприимчивость, что влечет за собой повышение устойчивости полученных модифицированных растений к заболеванию. У винограда *V. vinifera* L. мишенями для нокаута послужили 2 гена MLO-7 WKKY52, ответственность за чувствительность к оидиуму и серой гнили соответственно (Тихонова, Хлесткина, 2019; Malnoy, et al., 2016; Wang, et al., 2018). Вторая группа генов-мишеней – это потенциальные репрессоры цветения и роста растений. На винограде сорта Шардоне в качестве гена-мишени был применен ген L-идонатдегидрогеназы (*IdnDH*), контролирующей биосинтез винной кислоты (Osakabe, et al., 2018; Ren et al., 2022). Нокаут гена *IdnDH* не демонстрировал изменения фенотипа трансгенных растений, но три линии существенно отличались по содержанию винной кислоты, что представляет интерес для выведения сортов винограда столового направления.

Выводы

Непрерывная селекционная деятельность, проводившаяся в течение многих десятилетий в различных странах, привела к значительному успеху с точки зрения создания новых сортов, сочетающих высокое качество с признаками устойчивости, в основном по

отношению к грибным болезням. В настоящее время с развитием геномных технологий становится все более возможным установить в геноме винограда гены устойчивости к патогенам и перейти от традиционной генеративной селекции сортов винограда к маркерной селекции (MAC) на уровне генов и геномов. Однако нельзя забывать также об эволюционной изменчивости возбудителей, с одной стороны, так и о преодолении защитного действия отдельных генов устойчивости растений винограда.

Предубеждения, касающиеся качества вин новых устойчивых сортов до сих пор популярны и могут быть причиной того, что большая часть винодельческого сообщества игнорирует существенный прогресс в селекции. В тоже время, новым вызовом для селекционеров является необходимость повышения устойчивости виноградарства и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Банникова А.А. Молекулярные маркеры и современная филогенетика млекопитающих // Журнал общей биологии. 2004. Т. 65, № 4. С. 278-305. EDN: [OWARQF](#)
2. Власов В.В., Мулюкина Н.А., Тулаева М.И., Ковалева И.А., Чисников В.С., Конуп Л.А., Карастан О.М., Лосева Д.Ю. Применение ДНК-технологий в ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова» // Русский виноград. 2015. Т. 1. С. 55-62. EDN: [VEDGKZ](#)
3. Вольнкин В.А., Зленко В.А., Лиховской В.В. Селекция винограда на бессемянность, крупногодность и раннеспелость на полиплоидном уровне // Виноградарство и виноделие. 2009. Т. 39. С. 9-13. EDN: [VKAEGX](#)
4. Голодрига П.Я., Трошин Л.П. Биолого-техническая программа создания комплексно-устойчивых высокопродуктивных сортов винограда // Перспективы селекции и генетики винограда на иммунитет. Киев: Наукова думка. 1978. С. 259-264.
5. Ильницкая Е.Т., Петров В.С., Нудьга Т.А., Ларькина М.Д., Никулушкина Г.Е. Совершенствование сортимента и методов селекции винограда для нестабильных климатических условий юга // Виноделие и виноградарство. 2016. № 4. С. 36-41. EDN: [XILYFD](#)
6. Клименко В.П. Научные основы создания исходного материала и выведения новых высокопродуктивных сортов винограда: дис. ... д-ра. с.-х. наук / ВНИИВиВ «Магарач». Ялта, 2014. 402 с. EDN: [YRDBUT](#)
7. Кострикин И.А., Сьян И.Н., Майстренко Л.А., Майстренко А.Н. Межвидовая гибридизация винограда // Виноделие и виноградарство. 2002. № 1. С. 36-38. EDN: [WECQUP](#)
8. Лиховской В.В. Методология совершенствования генетического разнообразия и сортимента винограда. ВНИИВиВ «Магарач». Симферополь, 2019. 367 с. EDN: [YVEMVR](#)
9. Матвеева Т.В., Павлова О.А., Богомаз Д.И., Демкович Л.А., Лутова А.Е. Молекулярные маркеры для видоидентификации и филогенетики растений // Экологическая генетика. 2011. Т. 9, № 1. С. 32-43. EDN: [NUDWXN](#)
10. Рисованная В.И. Молекулярно-генетическое кодирование микросателлитных профилей сортов винограда // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2008. № 4. С. 9-10. EDN: [ZDCCVL](#)
11. Рисованная В.И., Гориславец С.М. Молекулярно-генетические маркеры в селекции винограда // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. Т. 1. С. 174-180. EDN: [RBXVFR](#)

12. Смарагдов М.Г. Тотальная геномная селекция с помощью SNP как возможный ускоритель традиционной селекции // Генетика. 2009. Т. 45, № 6. С. 725-728. EDN: [KMLMWR](#)
13. Сулимова Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения // Успехи современной биологии. 2004. Т. 124, № 3. С. 260-271. EDN: [OXMHRV](#)
14. Тихонова Н.Г., Хлесткина Е.К. Генетическое редактирование для улучшения плодовых и ягодных культур // Садоводство и виноградарство. 2019. № 4. С. 10-15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-10-15>. EDN: [SEDBIE](#)
15. Хлесткина Е.К. Молекулярные методы анализа структурно-функциональной организации генов и геномов высших растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2011. Т. 15, № 4. С. 757-768. EDN: [OOZBTB](#)
16. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 4-2. С. 1044-1054. EDN: [RVGWOT](#)
17. Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A. DNA polymorphism in population GENETICS // Genetika. 2002. Vol. 38, № 9. P. 1173-1195. EDN: [MPNTEB](#)
18. Barker C., Donald L., Pauquet T., Ratnaparkhe J., Bouquet A., Adam-Blondon A.-F., Thomas M.R., Dry I. Genetic and physical mapping of the grapevine powdery mildew resistance gene, *Run1*, using a bacterial artificial chromosome library // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111. P. 370-377. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2030-8>
19. Bavaresco L. Progress in grapevine breeding for disease resistance // Vignevini. 1990. Vol. 17. P. 29-38.
20. Bavaresco L. Attualita e prospettive sui nuovi vitigni resistenti alle malattie // L'Enologo. 2017. Vol. 10. P. 56-59. <http://hdl.handle.net/10807/111731>
21. Bavaresco L., Squer C. Outlook on disease resistant grapevine varieties // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 44. P. 06001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224406001>
22. Bellin D., Peressotti E., Merdinoglu D., Wiedemann-Merdinoglu S., Adam-Blondon A.-F., Cipriani G., Morgante M., Testolin R., Di Gaspero G. Resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine 'Bianca' is controlled by a major dominant gene causing localized necrosis at the infection site // Theoretical and Applied Genetics. 2009. Vol. 120. P. 163-176. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1167-2>
23. Buonassisi D., Colombo M., Migliaro D., Dolzani C., Peressotti E., Mizzotti C., Velasco R., Masiero S., Perazzolli M., Vezzulli S. Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of «omics» approaches // Euphytica. 2017. Vol. 213, № 103. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1882-8>
24. Cattell H., Miller L. The Wines of the East. III. Native American Grapes. Lancaster: L&H Photojournalism. 1980.
25. Dalbo M.A., Ye G.N., Weeden N.F., Wilcox W.F., Reisch B.I. Marker assisted selection for powdery mildew resistance in grapes // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2001. Vol. 126. P. 83-89. <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.83>
26. De Rosso M., Panighel A., Migliaro D., Possamai T., De Marchi F., Velasco R., Flamini R. The pivotal role of high-resolution mass spectrometry in the study of grape glycosidic volatile precursors for the selection of grapevines resistant to mildews // Journal of Mass Spectrometry. 2023. Vol. 58. P. e496. <https://doi.org/10.1002/jms.4961>
27. Eibach R., Töpfer R., Hausmann L. Use of genetic diversity for grapevine resistance breeding // Mitteilungen Klosterneuburg. 2010. Vol. 60. P. 332-337.

28. Eibach R., Töpfer R. Progress in Grapevine Breeding // Acta Horticulture. Proceedings of the X International Conference on Grapevine Breeding and Genetics, Geneva, New York, USA. 2014. Vol. 1046. P. 197-209. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1046.25>
29. Fischer B.M., Salakhutdinov I., Akkurt M., Eibach R., Edwards K.J., Töpfer R., Zyprian E. Quantitative trait locus analysis of fungal disease resistance factors on a molecular map of grapevine // Theoretical and Applied Genetics. 2004. Vol. 108. P. 501-515. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1445-3>
30. Frommer B., Holtgräwe D., Hausmann L., Viehöver P., Huettel B., Töpfer R., Weisshaar B. Genome sequences of both organelles of the grapevine rootstock cultivar 'Börner' // Microbiology Resource Announcements. 2020. Vol. 9. <https://doi.org/10.1128/mra.01471-19>
31. Frommer B., Hausmann L., Holtgräwe D., Viehöver P., Hüttel B., Reinhardt R., Töpfer R., Weisshaar B. A fully phased interspecific grapevine rootstock genome sequence representing *V. riparia* and *V. cinerea* and allele-aware annotation of the phylloxera resistance locus *Rdv1* // Preprint. 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.07.07.499180>
32. Fort F., Lin-Yang Q., Ricardo Suarez-Abreu L., Sancho-Galan P., Miquel Canals J., Zamora F. Study of Molecular Biodiversity and Population Structure of *Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera* on the Volcanic Island of El Hierro (Canary Islands, Spain) by Using Microsatellite Markers // Horticulturae. 2023. Vol. 9, N 12. P. 1297. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121297>
33. Hausmann L., Eibach R., Zyprian E., Töpfer R. Sequencing of the Phylloxera Resistance Locus *Rdv1* of Cultivar 'Börner' // Acta Horticulturae. 2014. Vol. 1046. P. 73-78. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1046.7>
34. Hoffmann S., Di Gaspero G., Kovacs L., Howard S., Kiss E., Galbacs Z., Testolin R., Kozma P. Resistance to *Erysiphe necator* in the grapevine 'Kishmish vatkana' is controlled by a single locus through restriction of hyphal growth // Theoretical and Applied Genetics. 2008. Vol. 116. P. 427-438. <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0680-4>
35. Jaillon O., Aury J.-M., Noel B., Choisne N., Jubin C., Dasilva C., Poulain J., Billault A., Segurens B., Gouyvenoux M., Ugarte E., Anthouard V., Vico V., Scarpelli C., Artiguenave F., Weissenbach J., Quétier F., Wincker P. The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla // Nature. 2007. Vol. 449. P. 463-467. <https://doi.org/10.1038/nature06148>
36. Likhovskoi V.V., Zlenko V.A., Spotar G.Y., Klimenko V.P. Marker-Assisted Selection of Grape Hybrids // Nanotechnol Russia. 2023. Vol. 18. P. 458-461. <https://doi.org/10.1134/S2635167622600080>
37. Malnoy M., Viola R., Jung M.-H., Koo O.-J., Kim S., Kim J.-S., Velasco R., Nagamangala Kanchiswamy C. DNA-Free Genetically Edited Grapevine and Apple Protoplast Using CRISPR/Cas9 Ribonucleoproteins // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. P. 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01904>
38. Marguerit E., Boury C., Manicki A., Donnart M., Butterlin G., Nemorin A., Wiedemann-Merdinoglu S., Merdinoglu D., Ollat N., Decroocq S. Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine // Theoretical and Applied Genetics. 2009. Vol. 118. P. 1261-1278. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-0979-4>
39. Merdinoglu D., Wiedemann-Merdinoglu S., Coste P., Dumas V., Haetty S., Butterlin G., Greif C. Genetic analysis of downy mildew resistance derived from *Muscadinia rotundifolia* // Acta Horticulturae. 2003. Vol. 603. P. 451-456. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.603.57>
40. Myles S., Chia J.M., Hurwitz B., Simon C., Yuan Zhong G., Buckler E., Ware D. Rapid genomic characterization of the genus *Vitis* // PLoS ONE. 2010. Vol. 5. P. e8219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008219>

41. Osakabe Y., Liang Z., Ren C., Nishitani C., Osakabe K., Wada M., Komori S., Malnoy M., Velasco R., Poli M., Jung M.-H., Koo O.-J., Viola R., Nagamangala Kanchiswamy C. CRISPR/Cas9-mediated genome editing in apple and grapevine // Nature Protocols. 2018. Vol. 13. P. 2844-2863. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0067-9>
42. Peressotti E., Wiedemann-Merdinoglu S., Delmotte F., Bellin D., Di Gaspero G., Testolin R., Merdinoglu D., Mestre P. Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety // BMC Plant Biology. 2010. № 10. P. 147. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-147>
43. Ren C., Lin Y., Li H., Li S., Liang Z. Targeted genome editing in grape using multiple CRISPR-guided editing systems // Preprint. 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.08.22.504768>
44. Riaz S., Krivanek A.F., Xu K., Walker M.A. Refined mapping of the Pierce's disease resistance locus, *PdR1*, and *Sex* on an extended genetic map of *Vitis rupestris* × *V. arizonica* // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 113. P. 1317-1329. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0385-0>
45. Röckel F., Trapp O., Zyprian E., Hausmann L., Migliaro D., Vezzulli S., Töpfer R., Maul E. A 'Regent' pedigree update: ancestors, offspring and their confirmed resistance loci // Vitis. 2021. Vol. 60. P. 189-193. <https://doi.org/10.5073/vitis.2021.60.189-193>
46. Röckel F., Schreiber T., Schüler D., Braun U., Krukenberg I., Schwander F., Peil A., Brandt C., Willner E., Gransow D., Scholz U., Kecke S., Maul E., Lange M., Töpfer R. PhenoApp: A mobile tool for plant phenotyping to record field and greenhouse observations // F1000Research. 2022. Vol. 11:12. <https://doi.org/10.12688/f1000research.74239.2>
47. Scheben A., Yuan Y., Edwards D. Advances in Genomics for Adapting Crops to Climate Change // Current Plant Biology. 2016. Vol. 6. P. 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2016.09.001>
48. Scheben A., Wolter F., Batley J., Puchta H., Edwards D. Towards CRISPR/Cas crops – bringing together genomics and genome editing // New phytologist. 2017. Vol. 126. P. 682-698. <https://doi.org/10.1111/nph.14702>
49. This P., Jung A., Boccacci P., Borrego J., Botta R., Costantini L., Crespan M., Dangl G.S., Eisenheld C., Ferreira-Monteiro F., Grando S., Ibanez J., Lacombe T., Laucou V., Magalhaes R., Meredith C.P., Milani N., Peterlunger E., Regner F., Zulini L., Maul E. Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars // Theoretical and Applied Genetics. 2004. Vol. 109. P. 1448-1458. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1760-3>
50. This P., Lacombe T., Cadle-Davidson M., Owens C. Wine grape (*Vitis vinifera* L.) color associates with allelic variation in the domestication gene *VvmybA1* // Theoretical and Applied Genetics. 2007. Vol. 114. P. 723-730. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0472-2>
51. Töpfer R., Trapp O. A cool climate perspective on grapevine breeding: climate change and sustainability are driving forces for changing varieties in a traditional market // Theoretical and Applied Genetics. 2022. Vol. 135. P. 3947-3960. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04077-0>
52. Vasylyk I., Gorislavets S., Matveikina E., Lushchay E., Grigoreva E., Volkov V., Volodin V., Spotar G., Risovannaya V., Likhovskoi V., Volynkin V., Potokina E., Lytkin K., Karzhaev D. SNPs associated with foliar phylloxera tolerance in hybrid grape populations carrying introgression from *Muscadinia* // Horticulturae. 2022. Vol. 8. P. 16. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010016>. EDN: SUMMXK
53. Volynkin V.A., Polulyakh A.A., Levchenko S.V., Vasylyk I.A., Likhovskoy V.V. Aspects of the particular genetics of grapes prolonged for all horticulture crops // Horticultural Crops. London. 2020. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90566>. EDN: MYXMQV
54. Volynkin V., Likhovskoi V., Levchenko S., Vasylyk I., Ryff I., Berezovskaya S., Boyko V., Belash D. Modern trends of breeding cultivars for recreational areas of viticulture // Acta Horticulturae. 2021a. Vol. 1307. P. 13-20. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.3>. EDN: YWPFEb

55. Volynkin V.A., Levchenko S.V., Vasylyk I.A. Genetically determined expression and inheritance of grapes resistance to pathogens as a manifestation of co-evolution // *Acta Horticulturae*. 2021b. Vol. 1315. P. 335-340. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1315.50>. EDN: **IBMMCM**
56. Velasco R., Zharkikh A., Troggio M., Cartwright D.A., Cestaro A., Pruss D., Pindo M., FitzGerald L.M., Vezzulli S., Reid J., Malacarne G., Iliev D., Coppola G., Wardell B., Micheletti D., Macalma T., Facci M., Mitchell J.T., Perazzolli M., Eldredge G., Gatto P., Oyzerski R., Moretto M., Gutin N., Stefanini M., Chen Y., Segala C., Davenport C., Dematte L., Mraz A., Battilana J., Stormo K., Costa F., Tao Q., Si-Ammour A., Harkins T., Lackey A., Perbost C., Taillon B., Stella A., Solovyev V., Fawcett J.A., Sterck L., Vandepoele K., Grandó S.M., Toppo S., Moser C., Lanchbury J., Bogden R., Skolnick M., Sgaramella V., Bhatnagar S.K., Fontana P., Gutin A., Van de Peer Y., Salamini F., Viola R. A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety // *PLoS ONE*. 2007. Vol. 2. P. e1326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001326>
57. Wang Z., Wang S., Li D., Zhang Q., Li L., Zhong C., Liu Y., Huang H. Optimized paired-sgRNA/Cas9 cloning and expression cassette triggers high-efficiency multiplex genome editing in kiwifruit // *Plant Biotechnology Journal*. 2018. Vol. 16. P. 1424-1433. <https://doi.org/10.1111/pbi.12884>
58. Welter L.J., Gökürk-Baydar N., Akkurt M., Maul E., Eibach R., Töpfer R., Zyprian E. Genetic mapping and localization of quantitative trait loci affecting fungal disease resistance and leaf morphology in grapevine (*Vitis vinifera* L.) // *Molecular Breeding*. 2007. Vol. 20. P. 359-374. <https://doi.org/10.1007/s11032-007-9097-7>
59. Wiedemann-Merdinoglu S., Prado E., Coste P., Dumas V., Butterlin G., Bouquet A., Merdinoglu D. Genetic analysis of resistance to downy mildew from *Muscadinia rotundifolia* // 9th International Conference on Grape Genetics and Breeding. 2006. Udine, Italy.
60. Zhang J., Hausmann L., Eibach R., Welter L., Töpfer R., Zyprian E. A framework map from grapevine V3125 (*Vitis vinifera* 'Schiava grossa' × 'Riesling') × rootstock cultivar 'Börner' (*Vitis riparia* × *Vitis cinerea*) to localize genetic determinants to phylloxera root resistance // *Theoretical and Applied Genetics*. 2009. Vol. 119. P. 1039-1051. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1107-1>
61. Zharkikh A., Troggio M., Dmitry T., Cestaro A., Eldredge G., Pindo M., Mitchell J.T., Vezzulli S., Bhatnagar S., Fontana P., Viola R., Gutin A., Salamini F., Skolnick M., Velasco R. Sequencing and assembly of highly heterozygous genome of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir: Problems and solutions // *Journal of Biotechnology*. 2008. Vol. 136. P. 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.04.013>

References

1. Bannikova, A.A. (2004). Molecular markers and modern phylogenetics of mammals. *Journal of general biology*, 65, 278-305. EDN: **OWARQF** (In Russian, English abstract).
2. Vlasov, V.V., Muljukina, N.A., Tulaeva, M.I., Kovaljova, I.A., Chisnikov, V.S., Konup, L.O., Karastan, O.M., & Losjeva, D.Ju. (2015). DNA-technologies for grapevine researches in NSC «Tairov research institute of viticulture and wine-making». *Russian grapes*, 1, 55-62. EDN: **VEDGKZ** (In Russian, English abstract).
3. Volynkin, V.A., Zlenko, V.A., & Likhovskoi, V.V. (2009). Grape breeding for seedlessness, large-fruitedness and early maturity at the level of polyploidy. *Viticulture and winemaking*, 39, 9-13. EDN: **VKAEGX** (In Russian, English abstract).
4. Golodriga, P.Ya., & Troshin, L.P. (1978). *Biological and technical program for the creation of complex-resistant, highly productive grape varieties*. Perspectives on selection and genetics of grapes for immunity. Kyiv: Naukova dumka. (In Russian).

5. Il'nickaja, E.T., Petrov, V.S., Nud'ga, T.A., Lar'kina M.D., & Nikulushkina, G.E. (2016). Improvement of assortment and grapes breeding methods for unstable climatic conditions of south of Russia. *Winemaking and viticulture*, 4, 36-41. EDN: [XILYFD](#) (In Russian, English abstract).
6. Klimenko, V.P. (2014). *Scientific basis for creating source material and breeding new highly productive grape varieties (Agri. Sci. Cand. Thesis)*. ARNRIVW «Magarach». Yalta. EDN: [YRDBUT](#) (In Russian).
7. Kostrikin, I.A., Syan, I.N., Maystrenko, L.A., & Maystrenko, A.N. (2002). Interspecific hybridization of grapes. *Winemaking and Viticulture*, 1, 36-38. EDN: [WECQUP](#) (In Russian).
8. Likhovskoi, V.V. (2019). *Methodology for improving genetic diversity and assortment of grapes*. ARNRIVW «Magarach». Simferopol. EDN: [YVEMVR](#) (In Russian).
9. Matveeva, T.V., Pavlova, O.A., Bogomaz, D.I. Demkovich, L.A., & Lutova, A.E. (2011). Molecular markers for plant species identification and phylogenetics. *Ecological genetics*, 9, 32-43. EDN: [NUDWXN](#) (In Russian).
10. Risovannaya, V.I (2008). Molecular genetic coding of microsatellite profiles of grape varieties. *Magarach. Viticulture and winemaking*, 4, 9-10. EDN: [ZDCCVL](#) (In Russian).
11. Risovannaia, V., & Gorislavets, S. (2013). Molecular-genetic markers in the grapes breeding. *Scientific works of the State Scientific Institution of the North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 1, 174-180. EDN: [RBXVFR](#) (In Russian, English abstract).
12. Smaragdov, M.G. (2009). Genomic selection as a possible accelerator of traditional selection. *Russian Journal of Genetics*, 45, 633-636. EDN: [KMLMWR](#) (In Russian, English abstract).
13. Sulimova, G.E. (2004). DNK-markers in genetic studies: types of markers, their characteristics and application. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 124, 260-271. EDN: [OXMHRV](#) (In Russian, English abstract).
14. Tikhonova, N.G., & Khlestkina, E.K. (2019). Genetic editing for improvement of fruit and small fruit crops. *Horticulture and viticulture*, 4, 10-15. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-4-10-15>. EDN: [SEDBIE](#) (In Russian, English abstract).
15. Khlestkina, E.K. (2011). Molecular methods of the analysis of the structural and functional organization of genes and genomes in higher plants. *Vavilov journal of genetics and breeding*, 15, 757-768. EDN: [OOZBTB](#) (In Russian, English abstract).
16. Khlestkina, E.K. (2013). Molecular markers in genetic research and breeding. *Vavilov journal of genetics and breeding*, 17, 1044-1054. EDN: [RVGWOT](#) (In Russian, English abstract).
17. Altukhov, Yu.P., & Salmenkova, E.A. (2002). DNA polymorphism in population GENETICS. *Genetika*, 38, 1173-1195. EDN: [MPNTEB](#)
18. Barker, C., Donald, L., Pauquet, T., Ratnaparkhe, J., Bouquet, A., Adam-Blondon, A.-F., Thomas, M.R., & Dry, I. (2005). Genetic and physical mapping of the grapevine powdery mildew resistance gene, *Run1*, using a bacterial artificial chromosome library. *Theoretical and Applied Genetics*, 111, 370-377. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2030-8>
19. Bavaresco, L. (1990). Progress in grapevine breeding for disease resistance. *Vignevini*, 6, 29-38.
20. Bavaresco, L. (2017). Attualità e prospettive sui nuovi vitigni resistenti alle malattie. *L'Enologo*, 10, 56-59. <http://hdl.handle.net/10807/111731>
21. Bavaresco, L., & Squer, C. (2022). Outlook on disease resistant grapevine varieties. *BIO Web of Conferences*, 44, 06001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224406001>
22. Bellin, D., Peressotti, E., Merdinoglu, D., Wiedemann-Merdinoglu, S., Adam-Blondon, A.-F., Cipriani, G., Morgante, M., Testolin, R., & Di Gaspero, G. (2009). Resistance to Plasmopara viticola in grapevine 'Bianca' is controlled by a major dominant gene causing localized necrosis

- at the infection site. *Theoretical and Applied Genetics*, 120, 163-176. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224406001>
23. Buonassisi, D., Colombo, M., Migliaro, D., Dolzani, C., Peressotti, E., Mizzotti, C., Velasco, R., Masiero, S., Perazzolli, M., & Vezzulli S. (2017). Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of «omics» approaches. *Euphytica*, 213(103). <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1882-8>
 24. Cattell, H., & Miller, L. (1980). *The Wines of the East. III. Native American Grapes*. Lancaster: L&H Photojournalism.
 25. Dalbo, M.A., Ye, G.N., Weeden, N.F., Wilcox, W.F., & Reisch, B.I. (2001). Marker assisted selection for powdery mildew resistance in grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126, 83-89. <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.1.83>
 26. De Rosso, M., Panighel, A., Migliaro, D. Possamai, T., De Marchi, F., Velasco, R., & Flamini, R. (2023). The pivotal role of high-resolution mass spectrometry in the study of grape glycosidic volatile precursors for the selection of grapevines resistant to mildews. *Journal of Mass Spectrometry*, 58, e496. <https://doi.org/10.1002/jms.4961>
 27. Eibach, R., Töpfer, R., & Hausmann, L. (2010). Use of genetic diversity for grapevine resistance breeding. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 60, 332-337.
 28. Eibach, R., & Töpfer, R. (2014). Progress in Grapevine Breeding. *Acta Horticulture*, 1046, 197-209. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1046.25>
 29. Fischer, B.M., Salakhutdinov, I., Akkurt, M., Eibach, R., Edwards, K.J., Töpfer, R., & Zyprian, E. (2004). Quantitative trait locus analysis of fungal disease resistance factors on a molecular map of grapevine. *Theoretical and Applied Genetics*, 108, 501-515. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1445-3>
 30. Frommer, B., Holtgrawe, D., Hausmann, L., Viehöver, P., Huettel, B., Töpfer, R., & Weisshaar, B. (2020). Genome sequences of both organelles of the grapevine rootstock cultivar 'Börner'. *Microbiology Resource Announcements*, 9. <https://doi.org/10.1128/mra.01471-19>
 31. Frommer, B., Hausmann, L., Holtgrawe, D., Viehover, P., Huttel, B., Reinhardt, R., Töpfer, R., & Weisshaar, B. (2022). A fully phased interspecific grapevine rootstock genome sequence representing *V. riparia* and *V. cinerea* and allele-aware annotation of the phylloxera resistance locus *Rdv1*. *Preprint*. <https://doi.org/10.1101/2022.07.07.499180>
 32. Fort, F., Lin-Yang, Q., Ricardo Suarez-Abreu, L., Sancho-Galan, P., Miquel Canals, J., & Zamora, F. (2023). Study of Molecular Biodiversity and Population Structure of *Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera* on the Volcanic Island of El Hierro (Canary Islands, Spain) by Using Microsatellite Marker. *Horticulturae*, 9, 1297. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121297>
 33. Hausmann, L., Eibach, R., Zyprian, E., & Töpfer, R. (2014). Sequencing of the Phylloxera Resistance Locus *Rdv1* of Cultivar 'Börner'. *Acta Horticulturae*, 1046, 73-78. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1046.7>
 34. Hoffmann, S., Di Gaspero, G., Kovacs, L., Howard, S., Kiss, E., Galbacs, Z., Testolin, R., & Kozma P. (2008). Resistance to Erysiphe necator in the grapevine 'Kishmish vatkana' is controlled by a single locus through restriction of hyphal growth. *Theoretical and Applied Genetics*, 116, 427-438. <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0680-4>
 35. Jaillon, O., Aury, J.-M., Noel, B., Choisne, N., Jubin, C., Dasilva, C., Poulain, J., Billault, A., Segurens, B., Gouyvenoux, M., Ugarte, E., Anthouard, V., Vico, V., Scarpelli, C., Artiguenave, F., Weissenbach, J., Quetier, F., & Wincker, P. (2007). The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature*, 449, 463-467. <https://doi.org/10.1038/nature06148>

36. Likhovskoi, V.V., Zlenko, V.A., Spotar, G.Y., & Klimenko, V. P. (2023). Marker-Assisted Selection of Grape Hybrids. *Nanotechnol Russia*, 18, 458-461. <https://doi.org/10.1134/S2635167622600080>
37. Malnoy, M., Viola, R., Jung, M.-H., Koo, O.-J., Kim, S., Kim, J.-S., Velasco, R., & Nagamangala Kanchiswamy, C. (2016). DNA-Free Genetically Edited Grapevine and Apple Protoplast Using CRISPR/Cas9 Ribonucleoproteins. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01904>
38. Marguerit, E., Boury, C., Manicki, A., Donnart, M., Butterlin, G., Nemorin, A., Wiedemann-Merdinoglu, S., Merdinoglu, D., Ollat, N., & Decroocq, S. (2009). Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine. *Theoretical and Applied Genetics*, 118, 1261-1278. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-0979-4>
39. Merdinoglu, D., Wiedemann-Merdinoglu, S., Coste, P., Dumas, V., Haetty, S., Butterlin, G., & Greif, C. (2003). Genetic analysis of downy mildew resistance derived from *Muscadinia rotundifolia*. *Acta Horticulture*, 603, 451-456. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.603.57>
40. Myles, S., Chia, J.M., Hurwitz, B., Simon, C., Yuan Zhong, G., Buckler, E., & Ware, D. (2010). Rapid genomic characterization of the genus *Vitis*. *PLoS ONE*, 5, e8219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008219>
41. Osakabe, Y., Liang, Z., Ren, C., Nishitani, C., Osakabe, K., Wada, M., Komori, S., Malnoy, M., Velasco, R., Poli, M., Jung, M.-H., Koo, O.-J., Viola, R., & Nagamangala Kanchiswamy, C. (2018). CRISPR/Cas9-mediated genome editing in apple and grapevine. *Nature Protocols*, 13, 2844-2863. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0067-9>
42. Peressotti, E., Wiedemann-Merdinoglu, S., Delmotte, F., Bellin, D., Di Gaspero, G., Testolin, R., Merdinoglu, D., & Mestre, P. (2010). Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety. *BMC Plant Biology*, 10, 147. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-147>
43. Ren, C., Lin, Y., Li, H., Li, S., & Liang, Z. (2022). *Targeted genome editing in grape using multiple CRISPR-guided editing systems*. Preprint. <https://doi.org/10.1101/2022.08.22.504768>
44. Riaz, S., Krivanek, A.F., Xu, K., & Walker, M.A. (2006). Refined mapping of the Pierce's disease resistance locus, PdR, and Sex on an extended genetic map of *Vitis rupestris* × *V. arizonica*. *Theoretical and Applied Genetics*, 113, 1317-1329. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0385-0>
45. Röckel, F., Trapp, O., Zyprian, E., Hausmann, L., Migliaro, D., Vezzulli, S., Töpfer, R., & Maul, E. (2021). A 'Regent' pedigree update: ancestors, offspring and their confirmed resistance loci. *Vitis*, 60, 189-193. <https://doi.org/10.5073/vitis.2021.60.189-193>
46. Röckel, F., Schreiber, T., Schüler, D., Braun, U., Krukenberg, I., Schwander, F., Peil, A., Brandt, C., Willner, E., Gransow, D., Scholz, U., Kecke, S., Maul, E., Lange, M., & Töpfer, R. (2022). PhenoApp: A mobile tool for plant phenotyping to record field and greenhouse observations. *F1000Research*, 11:12. <https://doi.org/10.12688/f1000research.74239.2>
47. Scheben, A., Yuan, Y., & Edwards, D. (2016). Advances in Genomics for Adapting Crops to Climate Change. *Current Plant Biology*, 6, 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2016.09.001>
48. Scheben, A., Wolter, F., Batley, J., Puchta, H., & Edwards, D. (2017). Towards CRISPR/Cas crops – bringing together genomics and genome editing. *New phytologist*, 126, 682-698. <https://doi.org/10.1111/nph.14702>
49. This, P., Jung, A., Boccacci, P., Borrego, J., Botta, R., Costantini, L., Crespan, M., Dangl, G.S., Eisenheld, C., Ferreira-Monteiro, F., Grando, S., Ibanez, J., Lacombe, T., Laucou, V., Magalhaes, R., Meredith, C.P., Milani, N., Peterlunger, E., Regner, F., Zulini, L., & Maul, E. (2004). Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1448-1458. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1760-3>

50. This, P., Lacombe, T., Cadle-Davidson, M., & Owens, C. (2007). Wine grape (*Vitis vinifera* L.) color associates with allelic variation in the domestication gene *VvmybA1*. *Theoretical and Applied Genetics*, 114, 723-730. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0472-2>
51. Töpfer, R., & Trapp, O. (2022). A cool climate perspective on grapevine breeding: climate change and sustainability are driving forces for changing varieties in a traditional market. *Theoretical and Applied Genetics*, 135, 3947-3960. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04077-0>
52. Vasylyk, I., Gorislavets, S., Matveikina, E., Lushchay, E., Grigoreva, E., Volkov, V., Volodin, V., Spotar, G., Risovannaya, V., Likhovskoi, V., Volynkin, V., Potokina, E., Lytkin, K., & Karzhaev, D. (2022). SNPs associated with foliar phylloxera tolerance in hybrid grape populations carrying introgression from *Muscadinia*. *Horticulturae*, 8, 16. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010016>. EDN: SUMMXK
53. Volynkin, V.A., Polulyakh, A.A., Levchenko, S.V., Vasylyk, I.A., & Likhovskoy, V.V. (2020). Aspects of the particular genetics of grapes prolonged for all horticulture crops. *Horticultural Crops*. London. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90566>. EDN: MYXMQV
54. Volynkin, V., Likhovskoi, V., Levchenko, S., Vasylyk, I., Ryff, I., Berezovskaya, S., Boyko, V., & Belash, D. (2021a). Modern trends of breeding cultivars for recreational areas of viticulture. *Acta Horticulturae*, 1307, 13-20. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.3>. EDN: YWPFEB
55. Volynkin, V.A., Levchenko, S.V., & Vasylyk, I.A. (2021b). Genetically determined expression and inheritance of grapes resistance to pathogens as a manifestation of co-evolution. *Acta Horticulturae*, 1315, 335-340. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1315.50>. EDN: IBMMCM
56. Velasco, R., Zharkikh, A., Troggio, M., Cartwright, D.A., Cestaro, A., Pruss, D., Pindo, M., FitzGerald, L.M., Vezzulli, S., Reid, J., Malacarne, G., Iliev, D., Coppola, G., Wardell, B., Micheletti, D., Macalma, T., Facci, M., Mitchell, J.T., Perazzolli, M., Eldredge, G., Gatto, P., Oyzerski, R., Moretto, M., Gutin, N., Stefanini, M., Chen, Y., Segala, C., Davenport, C., Dematte, L., Mraz, A., Battilana, J., Stormo, K., Costa, F., Tao, Q., Si-Ammour, A., Harkins, T., Lackey, A., Perbost, C., Taillon, B., Stella, A., Solovyev, V., Fawcett, J.A., Sterck, L., Vandepoele, K., Grando, S.M., Toppo, S., Moser, C., Lanchbury, J., Bogden, R., Skolnick, M., Sgaramella, V., Bhatnagar, S.K., Fontana, P., Gutin, A., Van de Peer, Y., Salamini, F., & Viola, R. (2007). A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety. *PLoS ONE*, 2, e1326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001326>
57. Wang, Z., Wang, S., Li, D., Zhang, Q., Li, L., Zhong, C., Liu, Y., & Huang, H. (2018). Optimized paired-sgRNA/Cas9 cloning and expression cassette triggers high-efficiency multiplex genome editing in kiwifruit. *Plant Biotechnology Journal*, 16, 1424-1433. <https://doi.org/10.1111/pbi.12884>
58. Welter, L.J., Göktürk-Baydar, N., Akkurt, M., Maul, E., Eibach, R., Töpfer, R., & Zyprian, E. (2007). Genetic mapping and localization of quantitative trait loci affecting fungal disease resistance and leaf morphology in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Molecular Breeding*, 20, 359-374. <https://doi.org/10.1007/s11032-007-9097-7>
59. Wiedemann-Merdinoglu, S., Prado, E., Coste, P., Dumas, V., Butterlin, G., Bouquet, A., & Merdinoglu, D. (2006). Genetic analysis of resistance to downy mildew from *Muscadinia rotundifolia* // 9th International Conference on Grape Genetics and Breeding. Udine. Italy.
60. Zhang, J., Hausmann, L., Eibach, R., Welter, L., Töpfer, R., & Zyprian, E. (2009). A framework map from grapevine V3125 (*Vitis vinifera* 'Schiava grossa' × 'Riesling') × rootstock cultivar 'Börner' (*Vitis riparia* × *Vitis cinerea*) to localize genetic determinants to phylloxera root resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, 119, 1039-1051. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1107-1>

61. Zharkikh, A., Troggio, M., Dmitry, T., Cestaro, A., Eldridge, G., Pindo, M., Mitchell, J.T., Vezzulli, S., Bhatnagar, S., Fontana, P., Viola, R., Gutin, A., Salamini, F., Skolnick, M., & Velasco, R. (2008). Sequencing and assembly of highly heterozygous genome of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir: Problems and solutions. *Journal of Biotechnology*, 136, 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.04.013>

Авторы:

Ирина Александровна Васылык, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генеративной и клоновой селекции, ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» kalimera@inbox.ru

SPIN: [5333-3333](#) ORCID: [0000-0002-8231-0613](#)

Светлана Валентиновна Левченко, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории хранения винограда, ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН», svelevchenko@rambler.ru

SPIN: [6665-0084](#) ORCID: [0000-0001-5423-0520](#)

Authors details:

Irina Vasylyk, PhD in Agriculture, senior researcher in the laboratory of generative and clonal selection of All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking «MAGARACH» RAS, kalimera@inbox.ru

SPIN: [5333-3333](#) ORCID: [0000-0002-8231-0613](#)

Svetlana Levchenko, Doctor of agricultural sciences, senior researcher, chief researcher in the laboratory of grape storage of All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking «MAGARACH» RAS, svelevchenko@rambler.ru

SPIN: [6665-0084](#) ORCID: [0000-0001-5423-0520](#)

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в публикации.

УДК 633.8:631.527.8

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОТЛИЧИМОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ

О.М. Савченко , М.Ю. Грязнов

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», 117216, ул. Грина, д. 7, стр. 1, г. Москва, Россия, vilarii@mail.ru

Аннотация

Разработана методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность по перспективному и малораспространенному лекарственному растению – родиоле розовой (*Rhodiola rosea* L.). Для разработки методики были изучены коллекция образцов разного географического происхождения, полученных по делектусу (также из экспедиций, по обмену): из Якутского ботанического сада (Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения РАН, г. Якутск); из Монреальского ботанического сада (г. Монреаль, Квебек, Канада); из ботанического сада СГУ им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, Республика Коми); из Ботанического сада Самарского университета (г. Самара); из Les Serres Botaniques (г. Гренобль, Франция); из Полярно-Альпийского ботанического сада им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) (г. Кировск); из Ботанического Сада-Института ПГТУ (г. Йошкар-Ола); из ботанического сада г. Инсбрук (Австрия) и культивируемая популяция в Ботаническом саду ФГБНУ ВИЛАР (Алтай, 1989). Изучали морфологию растений, побегов, листьев, цветов, соцветий и плодов. На базе полученных данных были составлены ранжированные ряды по признакам изменчивости и определены 12 параметров для таблицы признаков, по которым можно производить апробацию сортовых образцов родиолы. Затем на базе таблицы признаков была составлена анкета сорта, включающая наиболее отличительные признаки. Методика иллюстрирована рисунками архитектоники побегов, формой листьев, расположения зубчиков по краям листа и формой соцветий для более точного описания изучаемых признаков сорта.

Ключевые слова: *Rhodiola rosea* L., признак, габитус куста, форма листа, зубчики, форма соцветия

METHODOLOGY DEVELOPMENT FOR CONDUCTING TESTS FOR DISTINCTNESS, UNIFORMITY AND STABILITY OF THE GOLDEN ROOT

О.М. Savchenko , M.Yu. Gryaznov

All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Grina st., 7, building 1, Moscow, Russia, vilarii@mail.ru

Abstract

The methodology for testing distinctiveness, homogeneity and stability for a promising and less common medicinal plant – golden root (*Rhodiola rosea* L.) was developed. To develop the methodology, we studied a collection of samples of different geographical origins obtained from Delectus (as well as from expeditions and exchanges): from the Yakut Botanical Garden (Institute of Biological Problems of Permafrost, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk); the Montreal Botanical Garden (Montreal, Quebec, Canada); from the Botanical Garden of SSU named after Pitirim Sorokina (Syktyvkar, Komi Republic), the Botanical Garden of Samara University (Samara); Les Serres Botaniques (Grenoble, France); the Polar Alpine Botanical Garden named after N.A. Avrorin (PABSI) (Kirovsk); the Botanical Garden-Institute of Perm State Technical

University (Yoshkar-Ola); the Botanical Garden of Innsbruck (Austria) and a cultivated population in the Botanical Garden of the Federal State Budgetary Institution VILAR (Altai, 1989). The morphology of plants, shoots, leaves, flowers, inflorescences and fruits was studied. Based on the data obtained, ranked series were compiled according to the characteristics of variability and 12 parameters were determined for the Table of characteristics by which golden root varietal samples could be tested. Then, based on the Table of characteristics, a variety questionnaire was compiled, including the most distinctive characteristics. The technique is illustrated with drawings of the architectonics of the shoots, the shape of the leaves, the location of the denticles along the edges of the leaves and the shape of the inflorescences for a more accurate description of the studied characteristics of the variety.

Key words: *Rhodiola rosea* L., feature, bush habit, leaf shape, denticles, inflorescence shape

Введение

Родиола розовая (золотой корень) – *Rhodiola rosea* L. (син.: *Sedum roseum* (L.) Scop., *Rh. elongate* (Ledeb.) Fisch. & C.A.Mey., *Rh. krivochizhinii* Sipliv., *Rh. borealis* Boriss., *Sedum elongatum* Ledeb.) (www.worldfloraonline.org...).

Семейство Толстянковые – Crassulaceae. Двудомное многолетнее травянистое растение. Корневище с тонкими придаточными корнями, короткое, толстое, многоглавое, толщиной до 5 см, с золотисто-желтой корой, в верхней части покрыто коричневыми чешуями. Стебли многочисленные, прямостоячие, не ветвистые, выходят из каждого ответвления каудекса. Листья до цветения густо расположенные, нередко вниз отогнутые; позднее стебель удлиняется и поэтому листья расставленные, сидячие, зеленые, продолговато-яйцевидные или эллиптические, заостренные, цельнокрайние или с несколькими зубцами на верхушке, длиной 0,7...5,0 см, шириной 0,5...3,0 см. Соцветия щитковидные, многоцветковые, густые, диаметром 3,0...6,0 см. Растения двудомные. Цветки однополые, четырех-, редко пятичленные; чашелистики желто-зеленые, лепестки желтые. Женские цветки имеют продолговатые, выемчатые подпестичные чешуйки, длина которых в 2...3 раза больше ширины. В мужских цветках тычинки длиннее лепестков (Фролов, Полетаева, 1998; Полетаева и др., 2013; Атлас лекарственных растений России, 2021).

Плоды – прямостоячие продолговато-ланцетные листовки длиной 6,0...8,0 мм; зеленоватые или бурые, изредка слегка красноватые. Диплоидный набор хромосом: $2n = 22$. Плод родиолы розовой – сухая, апокарпная, многосемянная многолистовка, которая состоит из 4 (редко 5) сидячих, сросшихся у основания листовок. Семена мелкие. Их поверхность продольно-ребристая. Вдоль всего семени тянется крыло. Семена овальной или яйцевидной формы. Окраска семян светло-коричневая или коричневая. Оболочка семян родиолы очень плотная, двуслойная, обеспечивает длительную сохранность семян в неблагоприятных условиях (Фролов, Полетаева, 1998; Полетаева и др., 2013; Атлас лекарственных растений России, 2021).

Размножение вегетативное – отрезками корневища с побегами и почками или семенами (Атлас лекарственных растений России, 2021).

Родиола розовая является одним из ценнейших исчезающих видов лекарственных растений. Препараты из корневищ и корней родиолы розовой используют в качестве адаптогенов и антистрессовых средств, а также широко востребованы в косметической промышленности и как компонент «функциональных продуктов питания». Мировой спрос на эту категорию препаратов многократно увеличился из-за неблагоприятной санитарно-эпидемиологической ситуации в мире, вызванной новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) (Erst et al., 2021).

Повсеместное использование препаратов на основе сырья родиолы розовой затруднено из-за ограниченности ресурсов, что приводит к замене сырья родиолы розовой другими видами родиолы (Peschel et al., 2016).

Вид внесен в Красную книгу Российской Федерации как редкое растение (категория 3), охраняется по всему ареалу, кроме Красноярского и Алтайского краёв, Магаданской области и Республики Тыва. Производственное возделывание в настоящее время практически не осуществляется (Самбуу и др., 2021; Хмелева, 2023).

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, Том 1. Сорты растений (по состоянию на 23.05.2023 г.) внесен сорт родиолы розовой «Первоуральская» (1993 г., оригинаторы: ФГБНУ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской Академии наук и ООО «Сады Алтая Агро») (www.gossortrf.ru...). Однако, методика ООС для родиолы до настоящего времени не разрабатывалась. Для выполнения плана НИР была разработана данная методика на базе собственных исследований (Савченко и др., 2023).

Материалы и методика исследований

С 1989 года проводилось формирование коллекции родиолы. Разработка методики велась в 2016...2020 гг.

Для разработки методики были изучены коллекция образцов разного географического происхождения, полученных по делектусу (также из экспедиций, по обмену): из Якутского ботанического сада (Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения РАН, г. Якутск); из Монреальского ботанического сада (г. Монреаль, Квебек, Канада); из ботанического сада СГУ им. Питирима Сорокина (Сыктывкар, Республика Коми); из Ботанического сада Самарского университета (г. Самара); из Les Serres Botaniques (г. Гренобль, Франция); из Полярно-Альпийского ботанического сада им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) (г. Кировск); из Ботанического Сада-Института ПГТУ (г. Йошкар-Ола); из ботанического сада г. Инсбрук (Австрия) и культивируемая популяция в Ботаническом саду ФГБНУ ВИЛАР (Алтай, 1980).

Изучали морфологию растений, побегов, листьев, цветов, соцветий и плодов. На базе полученных данных были составлены ранжированные ряды по признакам изменчивости и определены 12 параметров для таблицы признаков, по которым можно производить апробацию сортовых насаждений родиолы. Затем на базе таблицы признаков была составлена анкета сорта, включающая наиболее отличительные признаки. Методика иллюстрирована рисунками архитектоники побегов, формы листьев, расположения зубчиков по краям листа и формами соцветий для более точного описания изучаемых признаков сорта.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в условиях Московской области ведется селекционная работа по культуре родиолы розовой.

В связи с этим возникла необходимость провести изучение морфобиологических признаков этого ценного растения в качестве критериев оценки на ООС. Эти данные помогут определить основные признаки с низкой степенью вариабельности и выявить эталоны для оценки степени выраженности выбранных признаков.

В результате проведенной работы представлена на утверждение в Госсорткомиссию РФ «Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность сортов родиолы розовой», содержащая 12 апробационных критериев.

I. Общие рекомендации

Данная методика применима ко всем сортам *Rhodiola rosea* L. семейства Crassulaceae. Руководством для проведения испытаний на ООС являются частные методики по отдельным родам и видам. За основу большинства таких методик взяты соответствующие методики UPOV (Международный союз селекционеров). Частные методики состоят из следующих разделов: общие рекомендации, таблица признаков, объяснения и методы проведения учетов (www.upov.int...).

Одновременно следует руководствоваться документом RTG/01/3 Общее введение по испытанию на отличимость, однородность и стабильность и составлению описаний от 22.07.2002 г. № 12-06/52.

II. Требуемый материал

1. На весь цикл испытания заявитель должен представить как минимум 100 растений (RTG/01/3, 2002).

2. Посадочный материал должен быть визуально здоровым, иметь высокую силу роста, не иметь поражений болезнями или повреждений вредителями.

3. Посадочный материал не должен быть обработан пестицидами, если на то нет разрешения или требования Госсорткомиссии. Если обработка имела место, то необходимо дать ее подробное описание.

4. Заявитель, высылающий растительный материал из другой страны, должен полностью соблюдать все таможенные правила.

III. Проведение испытаний

1. Полевые опыты проводят в одном месте, в условиях, обеспечивающих нормальное развитие культуры, в течение одного вегетационного периода. Если в этом месте не могут быть определены какие-либо важные признаки сорта, то он может быть испытан в дополнительном месте. При необходимости испытание продолжают на второй год.

2. Как минимум каждое испытание должно включать 100 растений.

3. Размер делянок должен быть таким, чтобы при отборе растений или их частей для измерений не наносилось ущерба наблюдениям, которые продолжают до конца вегетационного периода.

4. Оцениваемый и похожий на него сорта высаживают на смежных делянках.

5. Для специальных целей могут быть назначены дополнительные испытания.

IV. Методы и наблюдения

1. Если не указано иное, все наблюдения проводят на 50 отдельных растениях в двух повторениях.

2. Для оценки однородности используют популяционный стандарт 1% при доверительной вероятности 95%. В образце из 100 растений максимальное число нетипичных растений не должно превышать 6 растений.

3. Все наблюдения на растении и листе должны быть сделаны в период массового цветения, на полностью развитых листьях.

4. Все наблюдения на соцветии и цветке проводят во время полного цветения. Наблюдения признаков по цветку проводят на цветках, исключая первые.

V. Группирование сортов

Испытываемые и похожие сорта реферативной коллекции должны быть разбиты на группы для облегчения оценки на отличимость. Для группировки используют такие признаки, которые, исходя из практического опыта, не варьируют или варьируют незначительно в пределах сорта, и их варьирование в пределах коллекции распределено равномерно.

Рекомендуется использовать следующие признаки:

1) габитус куста (признак 1);

2) форма листа (признак 6);

3) расположение зубчиков по краю листа (признак 9);

4) форма соцветия (признак 11).

VI. Признаки и обозначения

Признаки, используемые для оценки отличимости, однородности и стабильности, и степени их выраженности приведены в таблице VII. Отметка (*) указывает на то, что данный признак следует отмечать каждый вегетационный период для оценки всех сортов и всегда включать в описание сорта за исключением случаев, когда степень выраженности предыдущего признака указывает на его отсутствие, или когда условия окружающей среды делают это невозможным. Отметка (+) означает, что описание признака сопровождается в методике дополнительными объяснениями и (или) иллюстрациями.

По каждому признаку указан порядок его учета:

MS: измерение определенного количества отдельных растений или частей растений;

VG: визуальная однократная оценка группы растений или частей растений;

Значениям выраженности признака присвоены индексы (1-9) для электронной обработки результатов.

QL – качественный признак;

QN – количественный признак;

PQ – псевдокачественный признак.

VII. Таблица признаков

Признак	Порядок учета	Индекс	Степень выраженности
1. Растение: габитус куста (*) (+) QL	VG	1	Вертикальное
	b	2	Полураскидистое
2. Растение: высота (*) (+) QN	VG/MS b	3	Низкое
		5	Средней высоты
		7	Высокое
3. Стебель: антоциановая окраска (*) (+) PQ	VG b	1	Отсутствует
		9	Имеется
4. Лист: длина (+) QN	VG/MS b	3	Короткий
		5	Средней длины
		7	Длинный
5. Лист: ширина (+) QN	VG/MS b	3	Узкий
		5	Средней ширины
		7	Широкий
6. Форма листа: (*) (+) QL	VG/MS b	5	Обратнойцевидные
		7	Обратнойцевидно-удлиненные
7. Лист: наличие сизого налета (*) QL	VG b	1	Отсутствует
		9	Имеется
8. Лист: зубчатость края (*) QL	VG/MS b	1	Отсутствует
		9	Имеется
9. Лист: расположение зубчиков (*) (+) QL	VG/MS b	1	Отсутствует
		3	Зубчатый около верхушки
		5	Зубчатый в средней части
		7	Зубчатый около верхушки и в средней части
10. Соцветие: плотность (*) QN	VG/MS b	1	Плотное
		9	Рыхлое
11. Соцветие: форма (+) QL	VG b,c	3	Вогнутый щиток
		5	Плоский щиток
		7	Выпуклый щиток
12. Плод: наличие антоцианового окрашивания (+) QL	VG b,c	1	Отсутствует
		9	Имеется

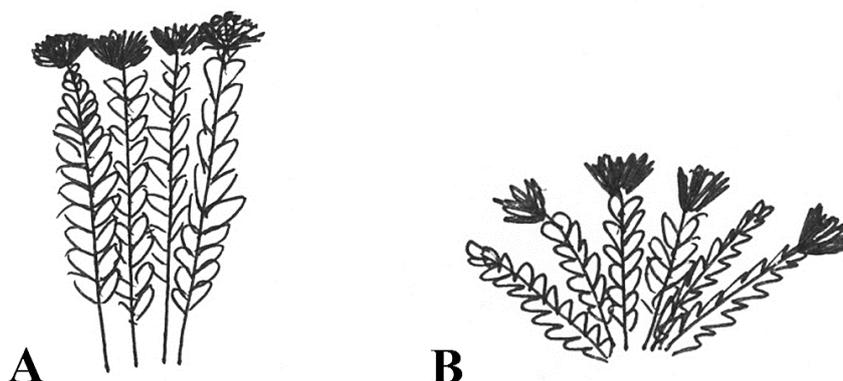
VIII. Объяснения и методы проведения учетов

8.1 Объяснения по нескольким признакам

Признаки, содержащие обозначения (a)-(b)-(c)-(d) во второй колонке Таблицы признаков, следует наблюдать следующим образом:

- (a) наблюдения проводят в начале цветения;
- (b) наблюдения проводят во время массового цветения;
- (c) наблюдения проводят на втором году жизни (для размноженных вегетативно) во время созревания семян.
- (d) наблюдения проводят на первом году жизни после появления всходов.

К 1. Растение: габитус куста



А – вертикальное, В – полураскидистое

К 2. Растение: высота

Растения второго года жизни (для размноженных вегетативно) измеряют от уровня почвы до наивысшей точки растения без поднятия отдельных стеблей. Состояние выраженности признака соответствует следующим средним значениям, см:

Степень выраженности	Высота, см	Индекс
Низкое	< 20	3
Средней высоты	20...40	5
Высокое	> 40	7

К 3. Стебель: антоциановая окраска

Наблюдается в первой трети стебля растения с начала вегетации и до окончания фазы плодоношения.

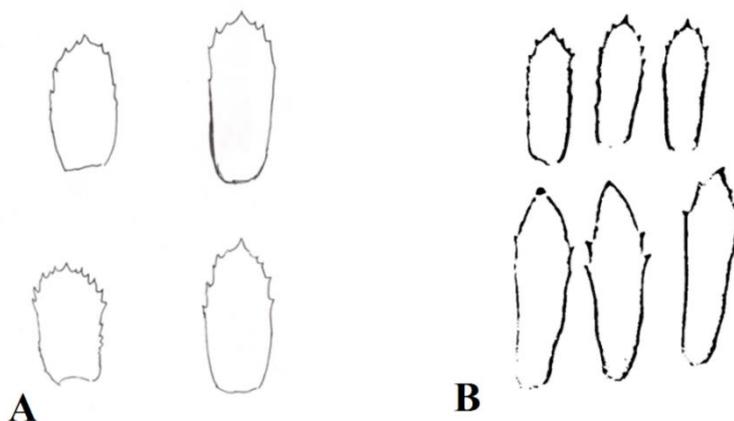
К 4. Лист: длина

Степень выраженности	Длина, см	Индекс
Короткий	0,5...1,0	3
Средней длины	1,0...3,0	5
Длинный	3,0...5,0	7

К 5. Лист: ширина

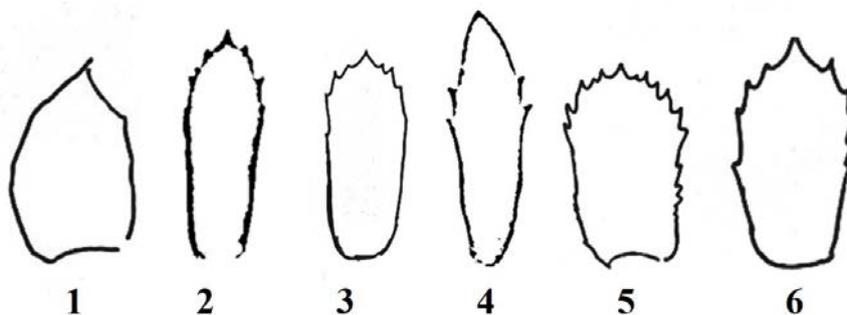
Степень выраженности	Ширина, см	Индекс
Узкий	< 0,5	3
Средней ширины	0,5...1,0	5
Широкий	1,0...2,0	7

К 6. Форма листа



А – обратнояцевидные, В – обратнояцевидно-удлиненные

К 9. Лист: расположение зубчиков

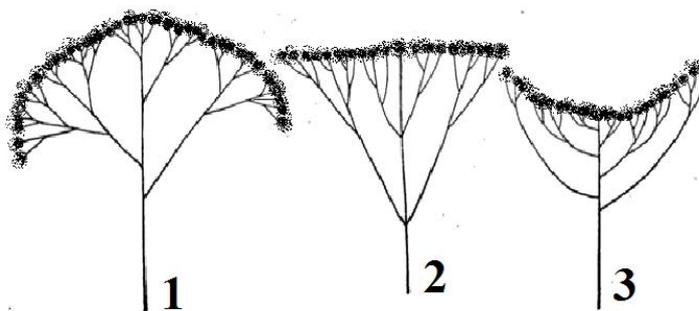


1 – отсутствует, 2 и 3 – зубчатый около верхушки, 4 – зубчатый в средней части, 5 и 6 – зубчатый около верхушки и в средней части

К 10. Соцветие: плотность

Рыхлым может считаться соцветие, у которого между цветками имеются заметные промежутки. Если промежутков между цветками нет совсем, такое соцветие относится к плотным.

К 11. Соцветие: форма



1 – выпуклый щиток, 2 – плоский щиток, 3 – вогнутый щиток

К. 12. Плод: наличие антоцианового окрашивания

Наблюдается на листовках с начала плодоношения.

Выводы

На базе проведенных исследований в условиях ФГБНУ ВИЛАР разработана «Методика отличимости, однородности и стабильности» для культуры родиолы розовой, которая может быть использована научными учреждениями, занимающимися интродукцией и селекцией лекарственных растений.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках НИР «Поиск и выявление перспективных видов дикорастущих растений, изучение их ресурсного потенциала, формирование высокопродуктивных агроценозов лекарственных и ароматических культур путем создания новых сортов и разработки интенсивных, экологически безопасных технологий их возделывания» (№ FGUU-2022-0009).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Атлас лекарственных растений России / под ред. Н.И. Сидельникова. М.: Наука, 2021. С. 446-449. EDN: [DQVIKR](#)
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. С. 140. <https://gossortrf.ru/upload/iblock/bbb/j9r93w3z4qwlavy93asvrelhfo927c3e.pdf>
3. Полетаева И.И., Володина С.О., Володин В.В. Изучение индивидуальной изменчивости растений *Rhodiola rosea* L. в целях отбора ценных генотипов для микроклонального размножения // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 3-2. С. 769-775. EDN: [RVSHRJ](#)
4. Савченко О.М., Цыбулько Н.С., Саматадзе Т.Е. Сравнительное изучение представителей различных популяций вида *Sedum roseum* (L.) Scop. при возделывании в культуре // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2. С. 21-32. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-2-21-32>. EDN: [DZCJYO](#)
5. Самбуу А.Д., Шауло Д.Н., Зыкова Е.Ю. Биоэкологические особенности и продуктивность *Rhodiola rosea* L. (Crassulaceae) в Республике Тыва // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2021. Т. 14, № 4. С. 277-283. <https://doi.org/10.15372/RMAR20210402>. EDN: [XJMGTP](#)
6. Фролов Ю.М., Полетаева И.И. Родиола розовая на европейском Северо-Востоке. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 192 с. EDN: [RQCQBH](#)
7. Хмелева И.П. Биоэкологические особенности родиолы розовой во флоре Республики Алтай // Информация и образование: границы коммуникаций. 2023. № 15. С. 17-18. [https://doi.org/10.59131/2411-9814_2023_15\(23\)_17](https://doi.org/10.59131/2411-9814_2023_15(23)_17). EDN: [XGOALV](#)
8. Erst A.A., Petruk A.A., Zibareva L.N., Erst A.S. Morphological, histochemical and biochemical features of cultivated *Rhodiola rosea* (Altai mountains ecotype) // Contemporary Problems of Ecology. 2021. Vol. 14, № 6. P. 701-710 <https://doi.org/10.1134/S1995425521060135>. EDN: [LPQVGC](#)
9. Peschel W., Kump A., Horvath A., Csupor D. Age and harvest season affect the phenylpropanoid content in cultivated European *Rhodiola rosea* L. // Industrial Crops and Products. 2016. Vol. 83. P. 787-802. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.037>. EDN: [WVDOYP](#)
10. *Rhodiola rosea* L. // The World Flora Online <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000399342>.

11. RTG/01/3 Общее введение по испытанию на отличимость, однородность и стабильность и составлению описаний от 22.07.2002 г. № 12-06/52 // Официальный бюллетень Госкомиссии. М., 2002. № 6.
12. Harmonization of states of expression and notes of characteristics appearing in the UPOV test guidelines // International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/tc_27/tc_27_5.pdf

References

1. Sidelnikov, N.I. (Ed.). (2021). *Atlas of medicinal plants of Russia* (pp. 446-449). Moscow: Nauka. EDN: [DQVIKR](#) (In Russian).
2. Ministry of Agriculture of the Russian Federation (2023). *State register for selection achievements admitted for usage (national list). Plant varieties (official publication)* (Vol. 1, pp 140). Moscow: Rosinformagrotekh. <https://gossortrf.ru/upload/iblock/bbb/j9r93w3z4qwlidvy93asvrelhfo927c3e.pdf> (In Russian).
3. Poletaeva, I.I., Volodina, S.O., & Volodin, V.V. (2013). Studying the individual variability of *Rhodiola rosea* L. plants for selection the valuable genotypes for microclonal reproduction. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 15(3-2), 769-775. EDN: [RVSHRJ](#) (In Russian, English abstract).
4. Savchenko, O.M., Tsybulko, N.S., & Samatadze, T.E. (2023). Comparative study of representatives of different populations of *Sedum roseum* (L.) scop growing in conditions of field crop rotation. *South of Russia: ecology, development*, 18(2), 21-32. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-2-21-32>. EDN: [DZCJYO](#) (In Russian, English abstract).
5. Sambuu, A.D., Shaulo, D.N., & Zykova, E.Yu. Bioecological features and productivity of *Rhodiola rosea* L. (Crassulaceae) in the Republic of Tyva. *Rastitel'nyj mir aziatskoj Rossii*, 14(4), 277-283. <https://doi.org/10.15372/RMAR20210402>. EDN: [XJMGTP](#) (In Russian, English abstract).
6. Frolov, Yu.M., & Poletaeva, I.I. (1998). *Rhodiola rosea in the European Northeast*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. EDN: [RQCQBH](#) (In Russian).
7. Khmeleva, I.R. (2023). Bioecological features of *Rhodiola rosea* in the flora of the Altai Republic. *Information and education: borders of communication*, 15, 17-18. [https://doi.org/10.59131/2411-9814_2023_15\(23\)_17](https://doi.org/10.59131/2411-9814_2023_15(23)_17). EDN: [XGOALV](#) (In Russian, English abstract).
8. Erst, A.A., Petruk, A.A., Zibareva, L.N., & Erst, A.S. (2021). Morphological, histochemical and biochemical features of cultivated *Rhodiola rosea* (Altai mountains ecotype). *Contemporary Problems of Ecology*, 14(6), 701-710 <https://doi.org/10.1134/S1995425521060135>. EDN: [LPQVGC](#)
9. Peschel, W., Kump, A., Horvath, A., & Csupor, D. (2016). Age and harvest season affect the phenylpropanoid content in cultivated European *Rhodiola rosea* L. *Industrial Crops and Products*, 83, 787-802. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.037>. EDN: [WVDOYP](#)
10. WFO (2024). *Rhodiola rosea* L. The World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000399342>
11. RTG/01/3 General introduction to testing for distinctiveness, uniformity and stability and writing descriptions dated July 22, 2002 № 12-06/52. *Official Bulletin of the State Commission* 2002, 6. (In Russian).
12. UPOV (2011). *Harmonization of states of expression and notes of characteristics appearing in the UPOV test guidelines*. International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/tc_27/tc_27_5.pdf

Авторы:

Ольга Михайловна Савченко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии, ФГБНУ Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений (ВИЛАР), nordfenugreek@yandex.ru
SPIN: 5592-3553

Михаил Юрьевич Грязнов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агробиологии, ФГБНУ Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений (ВИЛАР), selectionvilar@yandex.ru
SPIN: 8097-4930

Authors details:

Olga Savchenko, PhD in Agriculture, Leading researcher in the laboratory of agrobiolgy of the All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR), nordfenugreek@yandex.ru
SPIN: 5592-3553

Mikhail Gryaznov, PhD in Biology, Leading Researcher in the laboratory of agrobiolgy of the All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR), selectionvilar@yandex.ru
SPIN: 8097-4930

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в публикации.

УДК 576.354.4 634.11

ОСОБЕННОСТИ РЕДУКЦИОННОГО ДЕЛЕНИЯ ТЕТРАПЛОИДА *MALUS DOMESTICA*

Н.Г. Лаврусевич , А.Г. Бородкина

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, info@vniispk.ru

Аннотация

Перспективным направлением в садоводстве считается селекция яблони на полиплоидном уровне, обеспечивающая получение триплоидных, более адаптивных к условиям современной экосистемы, высококачественных сортов, необходимых для выращивания в интенсивных садах. Для создания триплоидов необходим широкий набор исходных тетраплоидных форм. При использовании тетраплоидов в качестве опылителей следует учитывать особенности формирования мужских гамет, что позволяет правильно подобрать исходные формы для скрещивания и наметить необходимый объем гибридизации. В работе изложены результаты по исследованию мейотического деления тетраплоидной формы яблони 34-21-39 [30-47-88 [Либерти × 13-6-106 (с.с. Суворовец)] (4x) × Краса Свердловска (2x)]. Деления у основной массы клеток на всех стадиях мейоза правильные. Количество отклонений небольшое. Процент аномалий на всех стадиях деления составил от 11,3 до 22,5 %. Отмечены забегания и отставания хромосом, выбросы отдельных хромосом в цитоплазму микроспороцита, мосты между анафазными группами. На стадии тетрад присутствуют полиады: пентады, гексады, гептады. На заключительной стадии мейоза формируется 77,7 % правильных тетрад. Тетраплоид 34-21-39 (4x), несмотря на наличие аномальных картин деления в ходе микроспорогенеза, имеет высокий процент визуально нормальной жизнеспособной пыльцы, что подтверждается скринингом числа хромосом у гибридных растений, полученных с участием этой формы в качестве опылителя. В результате скрещивания диплоидного сорта Гирлянда с тетраплоидом 34-21-39 (4x) выявлено, что 80,0 % гибридного потомства имеют тройной набор хромосом ($2n = 3x = 51$). Следовательно, тетраплоидную форму яблони 34-21-39 (4x) целесообразно использовать в качестве опылителя в селекционных программах с применением полиплоидов.

Ключевые слова: полиплоид, цитология, яблоня, микроспорогенез, мейоз, гаметы

FEATURES OF THE REDUCTION DIVISION OF THE *MALUS DOMESTICA* TETRAPLOID

N.G. Lavrusevich , A.G. Borodkina

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, VNIISP, Orel district, Orel region, Russia, info@vniispk.ru

Abstract

A promising trend in agronomy is considered to be apple breeding at the polyploid level, which ensures the production of triploid high-quality varieties necessary for growing in intensive orchards and more adaptive to the conditions of the modern ecological environment. A wide range of initial tetraploid forms is necessary for obtaining triploids. When using tetraploids as pollinators it is necessary to consider the features of formation of male gametes. It allows to select correctly the initial forms for crossing and identify the necessary amount of hybridization. Data on the study of meiosis in microsporogenesis in the tetraploid apple form 34-21-39 [30-47-88 [Liberty × 13-6-106 (s.s. Suvorovetz)] (4x) × Krasa Sverdlovsk (2x)] are given in this paper. In most microsporocytes the pictures of meiotic division were correct. The spectrum of violations was small. The percentage

of violations at all stages of division ranged from 11.3 % to 22.5 %. Chromosome runs and lags, emissions of individual chromosomes into the cytoplasm of the microsporocyte and bridges between anaphase groups were noted. Tetrad stage was characterized by the presence of polyads (pentads, hexads and heptads). At the final stage of meiosis, 77.7 % of correct tetrads were formed. Despite of the presence of abnormal pictures of division in microsporogenesis, the tetraploid apple form 34-21-39 (4x) had a high percentage of visually normal viable pollen, as evidenced by the results of the analysis of ploidy of hybrid progeny involving this form as a pollinator. In the crossing combination *Girlianda*(2x) × 34-21-39(4x), 80,0 % of hybrid progeny turned out to be a triploid set of chromosomes. It is concluded that there is a possibility of using the tetraploid apple form 34-21-39 (4x) as a pollinator in the breeding programs using polyploids.

Key words: polyploids, cytology, apple, microsporogenesis, meiosis, gametes

Введение

Яблоня – одна из самых распространенных плодовых культур в России. Триплоидные сорта (3x) яблони, полученные в последние годы, уверенно занимают нишу старых диплоидных сортов, так как имеют целый ряд преимуществ: более регулярное плодоношение, высокую товарность плодов, повышенное содержание витаминов (Седов и др., 2019; Седов и др., 2020; Седов и др., 2022).

Основным селекционным путем получения триплоидов являются скрещивания между собой тетраплоидов (4x) и диплоидов (2x). В качестве генетического ресурса 4x могут использоваться для получения 3x сортов путем межплоидного скрещивания (Liu et al., 2017). При этом гибриды получают от тетраплоидного родителя два генома и от диплоидного – один геном, что позволяет селекционеру в определенной степени управлять доминированием.

Для успешной работы по селекции яблони на полиплоидном уровне необходим широкий набор доноров диплоидных гамет, обладающих рядом селекционно значимых признаков.

Состояние генеративной сферы у исходных форм необходимо знать для определения их селекционной ценности, особенно важно в этом отношении цитоэмбриологическое изучение полиплоидных исходных форм, так как благодаря высокому числу хромосом, процесс мейоза у них может проходить с отклонениями от нормы. Поэтому от особенностей формирования гамет зависит качество последних, в конечном счете результаты гибридизации и плоидность гибридного потомства.

Можно отметить, что вопросы морфологии мейоза при микроспорогенезе у диплоидных сортов яблони исследованы достаточно полно (Константинов, 1971; Крылова, 1981; Singh et al., 1985; Гревцова, 1974; Седышева, 2012; Dar et al., 2015; Седышева, Горбачева, 2016). В значительной мере изучена генеративная сфера и у триплоидных сортов (Радионенко, 1972; Singh, Wafai, 1984; Singh et al., 1985; Седышева, 2013). Тетраплоидные формы в этом отношении малоизучены (Zakharova et al., 2013; Седышева и др., 2015). Объяснить этот пробел можно, по всей вероятности, тем, что диплоидные сорта являются преобладающими в мировом сортименте яблони, триплоидные также имеют достаточно широкое промышленное распространение. В связи с этим как те, так и другие не могли не заинтересовать биологов, как предмет всестороннего изучения. Тетраплоидные сорта и формы, менее изучены из-за их невысокой хозяйственной ценности. Но использование тетраплоидных форм в селекции как промежуточное звено в создании триплоидных сортов яблони привлекло исследователей (Седышева, Седов, 1994; Седышева, Горбачева, 2007; Седов и др., 2008; Горбачева, 2011; Седов и др., 2015).

В процессе работы по направлению селекции на полиплоидном уровне во ВНИИСПК были получены ряд тетраплоидных форм (Седов и др., 2020).

В лаборатории цитозембриологии ВНИИСПК был изучен и по настоящее время изучается ход мейоза при микроспорогенезе и формирование микроспор у тетраплоидных форм яблони (Седов и др., 2008; Горбачева, 2011; Седов и др., 2015; Горбачева, 2019). Отмечается, что процент аномальных картин деления может варьировать в широких пределах в зависимости от стадии мейоза и формы: от 1,7 % [стадия тетрад у формы Папировка (2-4-4-4x)] до 96,7 % [(стадия тетрад у формы Мекинтош (4x)]. Наиболее правильным ходом микроспорогенеза характеризуются формы 25-37-45 (4x) и 20-9-27 (4x). Наиболее нарушенным – тетраплоидная форма сорта Мекинтош (4x). Данные по выходу триплоидных растений в разных комбинациях скрещивания, в основном, согласуются с данными характера аномалий в ходе микроспорогенеза. Формы, характеризующиеся сравнительно правильным ходом микроспорогенеза, формируют большую часть нормальных гамет и обеспечивают и более высокий выход триплоидных растений при скрещивании 2x × 4x. Приводятся данные, что тетраплоидные формы с наиболее правильным ходом мейоза, среднее число нарушений у которых составляет от 10,7 до 20,0 %, при опылении ими диплоидных сортов дают выход триплоидных гибридных семян от 63,3 до 84,6 %, а тетраплоидная форма сорта Мекинтош с высоким количеством аномальных картин деления на завершающих стадиях мейоза (телофаза-I – 72,0 %, стадия тетрад – 96,2 %) дает невысокий выход триплоидов 31,3 % (Седов и др., 2015).

Изучение особенностей генеративных структур у тетраплоидных форм дает возможность оценить их в качестве доноров диплоидных гамет для использования в селекции на полиплоидном уровне, а селекционеру – подбирать наиболее рациональные комбинации скрещивания (Горбачева, Клименко, 2019).

Цель работы – изучить процесс образования микроспор в микроспорангиях пыльников (микроспорогенез) у тетраплоида яблони 34-21-39 для определения качества формируемых гамет и использования его в селекции.

Материалы и методики исследований

Биологическим объектом исследования служила тетраплоидная форма 34-21-39, полученная в отделе селекции яблони ВНИИСПК в 2007 от скрещивания тетраплоида 30-47-88 (4x) и диплоидного сорта Краса Свердловска (2x). Объектом изучения являлся процесс образования микроспор в микроспорангиях пыльников (микроспорогенез) у тетраплоида яблони.

Для изучения хода мейоза при микроспорогенезе генеративные почки фиксировали в уксусном спирте. Фиксацию почек проводили в саду с момента появления стадии зеленого конуса до окончания мейоза в пыльниках. Из фиксированного материала готовили временные давленные препараты ацетогематоксилиновым методом. Для определения соматического числа хромосом окраску объектов проводили смесью из лакмоида и 50 % пропионовой кислоты, делали временные препараты (Седышева, Соловьева, 1999).

Визуализацию мейоза проводили методом световой микроскопии на микроскопе Nikon ECLIPSE при увеличении 10 × 1,5 × 40, 10 × 1,5 × 100.

Результаты и их обсуждение

Проанализировав данные, характеризующие последовательные стадии мейоза у тетраплоида 34-21-39 (4x), следует отметить, что мейоз протекает достаточно правильно.

На разных стадиях деления при формировании микроспор отмечено от 11,3 % (метафаза-I) до 22,5 % (анафаза-II) нарушений (таблица 1). Спектр отклонений небольшой, количество отклонений составило от одного до трех.

Таблица 1 – Стадии мейоза

Стадия мейоза	Всего изучено микроспоцитов шт.	в том числе:				± m
		нормальных		с нарушениями		
		шт.	%	шт.	%	
метафаза-I	100	78	78,0	22	22,0	± 4,2
анафаза-I	167	140	83,8	27	16,2	± 2,9
телофаза-I	157	133	84,7	24	15,3	± 2,9
метафаза-II	169	131	77,5	38	22,5	± 3,2
анафаза-II	177	157	88,7	20	11,3	± 2,4
телофаза-II	418	363	86,8	55	13,2	± 1,7
тетрады	658	511	77,7	147	22,3	± 1,6

Морфологические типы мейотических аномалий у гибрида 34-21-39 характерны, как и для других 4х форм яблони, ранее проанализированных (Седов и др., 2008; Горбачева, Клименко, 2019; Горбачева, 2019). Типы отклонений тетраплоида 34-21-39 представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2 – Количество и морфология отклонений в мейозе

Стадия мейоза	Число типов нарушений	Тип отклонения	Количество отклонений, шт.	% от общего числа отклонений
метафаза-I	2	забегание 1-2	20	90,9
		выброс	2	9,1
анафаза-I	3	отставание 1-3	25	92,6
		выброс	1	3,7
		мост	1	3,7
телофаза-I	1	микроядра 1-3	24	100,0
метафаза-II	3	забегание 1-4	22	57,9
		выброс	15	39,5
		забегание + выброс	1	2,6
анафаза-II	3	отставание 1-3	14	70,0
		выброс	4	20,0
		мост	2	10,0
телофаза-II	2	микроядра, сверхчисленные ядра 1-3	54	98,2
		3 ядра + микроядрышко	1	1,8
тетрады	3	пентада	85	57,8
		гексада	59	40,2
		гептада	3	2,0

На стадии метафаза-I и II преобладает преждевременное отхождение хромосом к полюсам веретена деления и составляет в первом гетеротипическом делении от общего числа нарушений 90,9 %, во втором гомеотипическом – 57,9 %. В значительно меньшем количестве клеток наблюдали выброс хромосом за пределы ахроматинового веретена (9,1 и 39,5 %) и два типа нарушений в одном микроспороците (рисунок 1б). Ассоциации хромосом на стадии метафазы размещались очень плотно в результате этого детальный анализ провести не удалось.

На стадии анафаза-I и анафаза-II число нарушений по сравнению с предыдущей стадией снижается. В большинстве случаев здесь наблюдается запоздалое деление бивалентов или хромосом в центре веретена (92,6 % – анафаза-I, 70,0 % – анафаза-II от общего числа нарушений) (рисунок 1а), реже встречались выбросы хромосом или хроматид в цитоплазму за пределы ахроматинового веретена, мосты.

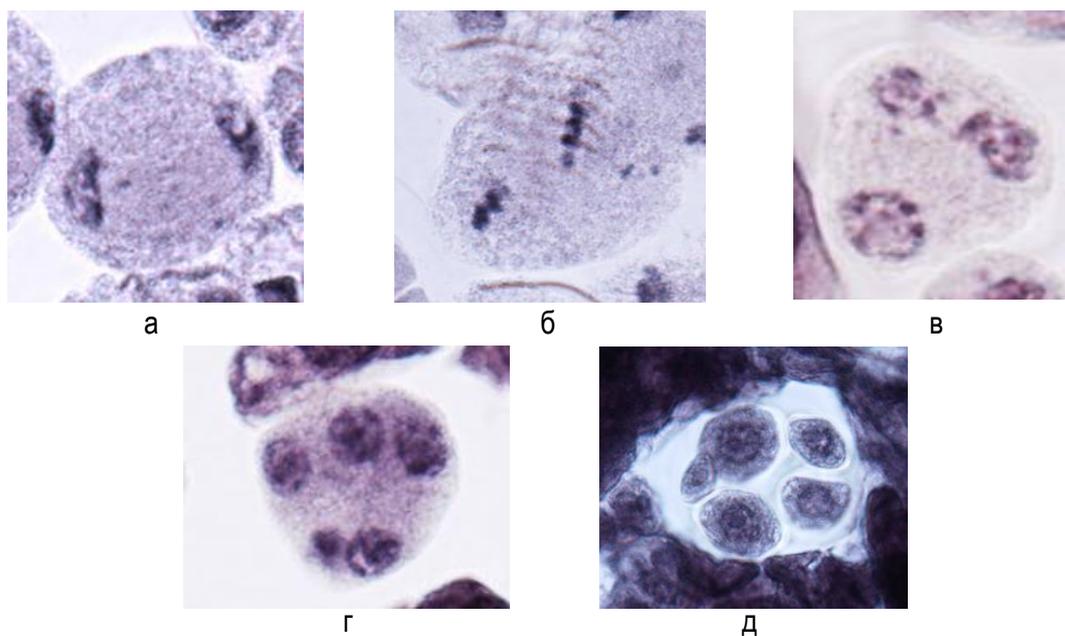


Рисунок 1 – Нарушения в микроспорогенезе: а – анафаза-I отставание; б – метафаза-II выбросы; в – телофаза-II три ядра; г – телофаза-II сверхчисленные ядра; д – пентада

Наименьшее разнообразие типов нарушений отмечено на стадии телофаза-I (15,3 %) и телофаза-II (13,2 %). В основном на этих стадиях наблюдается микроядра и сверхчисленные ядра в цитоплазме микроспороцита (рисунок 1г). Единичный случай отмечен в телофазе-II, когда в клетке было три ядра, по размеру крупнее обычных и одно микроядрышко (рисунок 1в).

На заключительной стадии деления 22,0 % клеток образуют полиады. От общего количества полиад пентады составляют – 57,8 %, гексады – 40,2 %, изредка встречаются гептады – 2,0 % (рисунок 1д). В полиадах формируются микроспоры разной величины, соответственно такие гаметы будут не сбалансированные по количеству хромосом. Тетрагенез у 34-21-39 (4x) заканчивается образованием правильных тетрад в 77,7 % случаев. Одномерная пыльца составляет 89,0 %, доля разнокалиберной (мелкой и крупной) пыльцы составила 11,0 %.

Таким образом, несмотря на наличие аномальных картин деления в ходе микроспорогенеза, форма яблони 34-21-39 (4x) имеет высокий процент визуальной нормальной жизнеспособной пыльцы. Это подтверждается и результатами скрининга плоидности гибридных растений, полученных с участием тетраплоида 34-21-39 (4x) в качестве опылителя (таблица 3).

Таблица 3 – Плоидность гибридного потомства

Материнская форма	Отцовская форма	Число изученных растений, шт.	диплоиды, шт./%	триплоиды, шт./%
Гирлянда (2x)	34-21-39 (4x)	160	128/80,0	32/20,0

В комбинации скрещивания Гирлянда (2x) × 34-21-39 (4x) 80 % гибридного потомства оказалось с триплоидным набором хромосом.

Выводы

Установлено, что тетраплоидная форма яблони 34-21-39(4x) имеет незначительное число отклонений на последовательных этапах мейоза при микроспорогенезе, формирует

более 80,0 % полноценной пыльцы и рекомендуется для применения в селекции на полиплоидном уровне в качестве опылителя.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Горбачева Н.Г. Оценка полиплоидов яблони и отдаленных гибридов вишни как исходных форм в селекции: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Орел, 2011. 22 с. EDN: [QHKJXT](#)
2. Горбачева Н.Г. Цитозембриологическая оценка тетраплоидных форм яблони для селекции // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6, № 1. С. 31-35. EDN: [FEWGBU](#)
3. Горбачева Н.Г., Клименко М.А. Цитологический контроль гибридных сеянцев, исходных форм яблони в селекции на полиплоидном уровне // Современное садоводство. 2019. № 1. С. 25-31. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10103>. EDN: [SDZLPG](#)
4. Гревцова Н.А. Сравнительно-эмбриологическое исследование некоторых представителей родов *Malus* Mill. и *Pyrus* L.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1974. 23 с.
5. Константинов А.В. Мейоз. Минск: БГУ, 1971. 179 с.
6. Крылова В.В. Эмбриология яблони. Кишинев: Штиинца, 1981. 148 с.
7. Радионенко А.Я. Мейоз при микроспорогенезе и развитие пыльцы у триплоидных сортов яблони // Генетика. 1972. Т. 8, № 4. С. 21-32.
8. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М. Селекция яблони на полиплоидном уровне. Орел: ВНИИСПК, 2008. 368 с. EDN: [YFLBBR](#)
9. Седов Е.Н., Серова З.М., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Триплоидные сорта яблони селекции ВНИИСПК для совершенствования сортимента (популяризация селекционных достижений). Орел: ВНИИСПК, 2019. 28 с. EDN: [ENMEHF](#)
10. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А., Левгерова Н.С., Серова З.М., Корнеева С.А., Горбачева Н.Г., Салина Е.С., Янчук Т.В., Пикунова А.В., Ожерельева З.Е. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: ВНИИСПК, 2015. 336 с. EDN: [XXPBED](#)
11. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М., Янчук Т.В. Новые триплоидные сорта яблони, иммунные к парше // Наше сельское хозяйство. 2020. № 1. С. 110-113. EDN: [QPYKBZ](#)
12. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Ценные доноры диплоидных гамет для создания триплоидных сортов яблони // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 13-17. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/13-17>. EDN: [PJMTPM](#)
13. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Новые Диплоидные, триплоидные, иммунные к парше и колонновидные сорта яблони в совершенствовании сортимента // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 1. С. 25-31. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/1/25-31>. EDN: [LNMPZP](#)
14. Седышева Г.А. Особенности редукционного деления у триплоидной формы яблони 25-37-46 // Современное садоводство. 2013. № 1. С. 1-7. EDN: [SEILRV](#)
15. Седышева Г.А. Сравнительная характеристика микроспорогенеза у двух диплоидных сортов яблони // Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сорто-подвойных комбинаций плодовых культур: материалы международной научно-практической конференции. Орел: ВНИИСПК, 2012. С. 225-230. EDN: [YHARBZ](#)
16. Седышева Г.А., Горбачева Н.Г. Особенности формирования мужского гаметофита у новой полиплоидной формы яблони // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орел: ВНИИСПК, 2007. С. 183-188. EDN: [YHALHF](#)

17. Седышева Г.А., Горбачева Н.Г., Мельник С.А. Цитозембриологическая оценка тетраплоидов яблони для гетероплоидных скрещиваний // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. № 6. С. 55-60. EDN: [VSKHNF](#)
18. Седышева Г.А., Горбачева Н.Г. Микроспорогенез и развитие мужского гаметофита у колонновидной формы яблони Орловская Есения // Современное садоводство. 2016. № 2. С. 77-81. EDN: [WEFKWB](#)
19. Седышева Г.А., Седов Е.Н. Полиплоидия в селекции яблони. Орел: ВНИИСПК, 1994. 272 с.
20. Седышева Г.А., Соловьева М.В. Цитологическое, эмбриологическое изучение, исследования особенностей морфогенеза // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Седова Е.Н., Огольцовой Т.П. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 203-218. EDN: [YHAPNZ](#)
21. Dar J.A., Wani A.A., Dhar M.K. Morphological, biochemical and male-meiotic characterization of apple (*Malus × domestica* Borkh.) germplasm of Kashmir Valley // Chromosome Botany. 2015. Vol. 10, № 2. P. 39-49. <https://doi.org/10.3199/iscb.10>
22. Liu Z., Seiler G.J., Gulya T.J., Feng J., Rashid K.Y., Cai X., Jan C.-C. Triploid Production from Interspecific Crosses of Two Diploid Perennial Helianthus with Diploid Cultivated Sunflower (*Helianthus annuus* L.) // G3 Genes/Genomes/Genetics. 2017. Vol. 7, № 4. P. 1097-1108. <https://doi.org/10.1534/g3.116.036327>
23. Singh R., Wafai B.A. Intravarietal polyploidy in the apple (*Malus pumila* Mill.) cultivar Hazratbali // Euphytica. 1984. Vol. 33. P. 209-214. <https://doi.org/10.1007/BF00022767>. EDN: [XUJOZS](#)
24. Singh R., Wafai B.A., Koul A.K. Assessment of apple (*Malus pumila* Mill.) germplasm in Kashmir. III. Cytology of Lal-farashi, Double-Kaseri, Hindwand-rakam, Kichhama-trail, Sabe-alif and Tursh-nawabi // Cytologia. 1985. Vol. 50, № 4. P. 811-823. <https://doi.org/10.1508/cytologia.50.811>
25. Zakharova V.A., Zakharov M.V., Khil'ko V.T. Selection of apple-tree on poliploid levels // Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv. 2013. Vol. 13. P. 181-184.

References

1. Gorbacheva, N.G. (2011). *Evaluation of apple polyploids and distant cherry hybrids as initial forms in breeding (Agri. Sci. Cand. Thesis)*. Orel State Agrarian University, Orel, Russia. EDN: [QHKJXT](#) (In Russian).
2. Gorbacheva, N.G. (2019). Cytoembryological evaluation of tetraploid apple forms for breeding. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 6(1), 31-35. EDN: [FEWGBU](#) (In Russian, English abstract).
3. Gorbacheva, N.G., & Klimenko, M.A. (2019). Cytological control of hybrid seedlings and origin genotypes of apple in breeding with polyploidy using. *Contemporary horticulture*, 1, 25-31. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10103>. EDN: [SDZLPG](#) (In Russian, English abstract)
4. Grevtsova, N.A. (1974). *Comparative embryological study of some representatives of genera Malus Mill. u Pyrus L. (Bio. Sci. Cand. Thesis)*. Moscow. (In Russian).
5. Konstantinov, A.V. (1971). *Meiosis*. Minsk, BSU. (In Russian)
6. Krylova, V.V. (1981). *Apple embryology*. Kishinev: Shtiintsa (In Russian).
7. Radionenko, A.Ya. (1972). Meiosis during microsporogenesis and pollen development in triploid apple cultivars. *Genetics*, 8(4), 21-32. (In Russian)
8. Sedov, E.N., Sedyшева, G.A., & Serova, Z.M. (2008). *Apple breeding at a polyploidy level*. Orel, VNIISPK. EDN: [YFLBBR](#) (In Russian).

9. Sedov, E.N., Serova, Z.M., Yanchuk, T.V., & Korneeva, S.A. (2019). *Triploid apple varieties of VNIISPK selection for the improvement of the assortment (popularization of breeding achievements)*. Orel, VNIISPK. EDN: [ENMEHF](#) (In Russian).
10. Sedov, E.N., Sedysheva, G.A., Makarkina, M.A., Levgerova, N.S., Serova, Z.M., Korneeva, S.A., Gorbacheva, N.G., Salina, E.S., Yanchuk, T.V., Pikunova, A.V., & Ozhereleva, Z.E. (2015). *The innovations in apple genome modification opening new prospects in breeding*. Orel, VNIISPK. EDN: [XXPBED](#) (In Russian, English abstract).
11. Sedov, E.N., Sedysheva, G.A., Serova, Z.M., & Yanchuk, T.V. (2020). New triploid apple cultivars immune to scab. *Our agriculture*, 1, 110-113. EDN: [QPYKBZ](#) (In Russian).
12. Sedov, E.N., Yanchuk, T.V., & Korneeva, S.A. (2020). Valuable donors of diploid gametes for triploid apple tree varieties creation. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*, 3, 13-17. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/13-17>. EDN: [PJMTPM](#) (In Russian, English abstract).
13. Sedov, E.N., Yanchuk, T.V., & Korneeva, S.A. (2022). New diploid, triploid, immunal to scab and column-like apple tree varieties in assortment improvement. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*, 1, 25-31. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/1/25-31>. EDN: [LNMPZP](#) (In Russian, English abstract)
14. Sedysheva, G.A. (2013). Peculiarities of meiotic division in triploid apple seedling 25-37-46. *Contemporary horticulture*, 2, 1-7. EDN: [SEILRV](#) (In Russian, English abstract).
15. Sedysheva, G.A. (2012). Comparative characteristics of microsporogenesis in two diploid apple varieties. In *Adaptive potential and product quality of varieties and cultivar-rootstock combinations of fruit crops: Proc. Sci. Conf.* (pp.225-230). Orel: VNIISPK. EDN: [YHARBZ](#) (In Russian, English abstract).
16. Sedysheva, G.A., & Gorbacheva, N.G. (2007). The peculiarities of male gametophyte formation in new poliploid apple selection. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 183-188. EDN: [YHALHF](#) (In Russian, English abstract).
17. Sedysheva, G.A., Gorbacheva, N.G., & Melnik, S.A. (2015). Cytoembryological evaluation of apple tetraploids for heterploid crosses. *Bulletin of OSAU*, 6, 55-60. EDN: [VSKHNF](#) (In Russian).
18. Sedysheva, G.A., & Gorbacheva, N.G. (2016). Microsporogenesis and development of the male gametophyte in the columnar form of the apple Orlovskaya Eseniya. *Contemporary horticulture*, 2, 77-81. EDN: [WEFKWB](#) (In Russian, English abstract).
19. Sedysheva, G.A., & Sedov, E.N. (1994). *Polyploidy and apple tree breeding*. Orel: VNIISPK (In Russian).
20. Sedysheva, G.A., & Solovieva, M.V. (1999). Cytological and embryological studies, morphogenesis features studies. In E.N. Sedov & T.P. Ogotsova (Eds.), *Program and methods of variety investigathion of fruit, berry and nut crops* (pp. 203-218). VNIISPK. EDN: [YHAPNZ](#) (In Russian).
21. Dar, J.A., Wani, A.A., & Dhar, M.K. (2015). Morphological, biochemical and male-meiotic characterization of apple (*Malus × domestica* Borkh.) germplasm of Kashmir Valley. *Chromosome Botany*, 10(2), 39-49. <https://doi.org/10.3199/iscb.10>
22. Liu, Z., Seiler, G.J., Gulya, T.J., Feng, J., Rashid, K.Y., Cai, X., & Jan, C.-C. (2017). Triploid Production from Interspecific Crosses of Two Diploid Perennial Helianthus with Diploid Cultivated Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *G3 Genes/Genomes/Genetics*, 7(4), 1097-1108. <https://doi.org/10.1534/g3.116.036327>
23. Singh, R., & Wafai, B.A. (1984). Intravarietal polyploidy in the apple (*Malus pumila* Mill.) cultivar Hazratbali. *Euphytica*, 33, 209-214. <https://doi.org/10.1007/BF00022767>. EDN: [XUJOZS](#)
24. Singh, R., Wafai, B.A., & Koul, A.K. (1985). Assessment of apple (*Malus pumila* Mill.) germplasm in Kashmir. III. Cytology of Lal-farashi, Double-Kaseri, Hindwand-rakam, Kichhama-

- trail, Sabe-alif and Tursh-nawabi. *Cytologia*, 50(4), 811-823.
<https://doi.org/10.1508/cytologia.50.811>
25. Zakharova, V.A., Zakharov, M.V., & Khil'ko, V.T. (2013). Selection of apple-tree on poliploid levels. *Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv*, 13, 181-184.

Авторы:

Наталья Геннадьевна Лавруевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории цитозембриологии, ФГБНУ ВНИИСПК, lavrusevich@orel.vniispk.ru
SPIN: 3205-4188 ORCID: 0000-0001-8985-8967

Анастасия Геннадьевна Бородкина, младший научный сотрудник лаборатории цитозембриологии, ФГБНУ ВНИИСПК, borodkina@orel.vniispk.ru
SPIN: 6335-4964

Authors details:

Natalya Lavrusevich, PhD in Agriculture, senior researcher, Head of laboratory of cytoembryology of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), lavrusevich@orel.vniispk.ru
SPIN: 3205-4188 ORCID: 0000-0001-8985-8967

Anastasiya Borodkina, junior researcher in the laboratory of cytoembryology of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), borodkina@orel.vniispk.ru
SPIN: 6335-4964

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в публикации.

УДК 57.017.3: 634.22:634.228

ИЗУЧЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ И СТЕПЕНИ ОТКРЫТОСТИ УСТЬИЦ СЛИВЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

И.Э. Федотова , О.В. Острикова, Е.Л. Хархардина

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», 302026, ул. Комсомольская, д. 95, г. Орел, Россия, priem@oreluniver.ru

Аннотация

В статье представлены результаты исследования адаптивного потенциала некоторых сортов сливы по отношению к недостатку влаги в условиях Центрального региона России. Исследования проводили на территории Орловской области в летние периоды 2021...2023 гг. в условиях естественной засухи. Растения выращивали в коллекционном саду косточковых плодовых культур по общепринятой для региона технологии возделывания. Объекты исследований – сорта сливы, полученные от скрещиваний китайско-американских сортов с сортами сливы домашней: Евразия 21, Скороплодная, Орловский сувенир, Краса Орловщины, Неженка; контроль – сорт сливы домашней Рекорд. После завершения роста побегов, определяли водоудерживающую способность листьев исследуемых сортов – методом завядания (по Ничипоровичу), состояние устьиц – методом инфильтрации. Статистическая обработка данных – по Доспехову. Выявлены особенности проявления физиологических механизмов устойчивости к засухе в зависимости от генотипа. Количество воды, испарившейся с листьев сортов через 90 мин, варьирует в пределах от 7,07 % (Скороплодная) до 16,54 % (Евразия 21). По способности удерживать воду тканями листа (водоудерживающая способность) сорта сливы располагаются в следующей убывающей последовательности: Рекорд (контроль), Скороплодная, Орловский сувенир, Краса Орловщины, Неженка, Евразия 21. В условиях естественной засухи у листьев всех испытанных сортов нет широко открытых устьиц. Сорта со всеми полностью закрытыми устьицами не выявлено. Устьица листьев характеризуются средней степенью открытости: от 3,33 балла (Евразия 21) до 5,0 баллов (Неженка, Краса Орловщины, Рекорд). По скорости сокращения степени открытости устьиц листьев (через 30 мин) сорта сливы располагаются в следующей убывающей последовательности: Орловский сувенир, Скороплодная, Неженка, Краса Орловщины, Рекорд (контроль), Евразия 21. По комплексу лучших показателей проявления физиологических реакций устойчивости к засухе выделились следующие сорта сливы: Орловский сувенир, Скороплодная, Неженка. Эти сорта целесообразно вовлекать в последующую синтетическую селекцию на устойчивость к засухе.

Ключевые слова: слива, адаптивность, засуха, водоудерживающая способность, устьица

STUDYING THE WATER-RETAINING ABILITY OF LEAVES AND THE DEGREE OF OPENNESS OF PLUM STOMATA IN THE CENTRAL REGION OF RUSSIA IN ARID CONDITIONS

I.E. Fedotova , O.V. Ostrikova, E.L. Harhardina

Orel State University named after I.S. Turgenev, Komsomolskaya st., 95, Orel, Russia, priem@oreluniver.ru

Abstract

The article presents the results of studying the adaptive potential of some plum cultivars in

relation to lack of moisture in the conditions of the Central region of Russia. The studies were carried out in the Orel region in the summer periods of 2021...2023 under natural drought conditions. The plants were grown in the collection orchard of stone fruit crops using cultivation technology generally accepted for the region. The objects of the research were plum varieties obtained from crossing Chinese-American varieties with domestic plum varieties: Eurasia 21, Skoroplodnaya, Orlovsky Souvenir, Krasa Orlovshchiny, Nezhenka; control - domestic plum Record. After completion of shoot growth, the water-holding capacity of the leaves of the studied varieties was determined by the wilting method (according to Nichiporovich), and the condition of the stomata was determined by the infiltration method. Statistical data processing was done according to Dospekhov. Features of the manifestation of physiological mechanisms of drought resistance depending on the genotype were revealed. The amount of water evaporated from the plum leaves after 90 minutes varied from 7.07 % (Skoroplodnaya) to 16.54 % (Eurasia 21). Based on the ability to retain water by leaf tissues (water-holding capacity), plum varieties were arranged in the following descending order: Record (control), Skoroplodnaya, Orlovsky Souvenir, Krasa Orlovshchiny, Nezhenka, Eurasia 21. Under natural drought conditions, the leaves of all tested varieties did not have wide open stomata. No varieties with all completely closed stomata were identified. Leaf stomata were characterized by an average degree of openness: from 3.33 points (Eurasia 21) to 5.0 points (Nezhenka, Krasa Orlovshchiny, Record). Based on the rate of reduction in the degree of openness of leaf stomata (after 30 minutes), plum varieties were arranged in the following descending order: Orlovsky Souvenir, Skoroplodnaya, Nezhenka, Krasa Orlovshchiny, Record (control), Eurasia 21. Based on a set of the best indicators of the manifestation of physiological reactions of resistance to drought, the following plum varieties stood out: Orlovsky Souvenir, Skoroplodnaya, Nezhenka. It is advisable to involve these varieties in subsequent synthetic breeding for drought resistance.

Key words: plum, adaptability, drought, water-holding capacity, stomata

Введение

В последние десятилетия учеными зафиксировано потепление климата, которое приводит к изменению температурного и водного режимов во всех регионах. В Центральном регионе России обычным явлением в последние десятилетия стали участившиеся засухи. Уже ежегодно летом наблюдают жаркие и засушливые периоды продолжительностью от одной недели до месяца. Такие погодные изменения особую опасность представляют для многолетних растений, которые должны быстро адаптироваться в качественно новых условиях состояния окружающей среды (Ибрагимов, 2014). По прогнозам ученых к концу XXI века ожидается повышение глобальной температуры на 6 °С. Многолетние плодовые культуры на эти условия реагируют разбалансировкой прохождения фенологических фаз своего развития. Увеличение показателей транспирации может привести к снижению или истощению запасов воды в почвах, вызывая водный стресс у растений в засушливые сезоны. Водный стресс не только снижает урожайность сельскохозяйственных культур, но и способствует ускорению созревания плодов, уменьшению их размеров, снижению сочности, слабой окраске, сокращению сроков хранения (Jangra, Sharma, 2013). В связи с повсеместным ухудшением агроэкологических условий возникает проблема создания и внедрения сортов с высокой экологической устойчивостью (Сатибалов, 2021)

Слива – популярная косточковая плодовая культура в Центральном районе России. Исстари здесь выращивали местные наиболее устойчивые и созданные селекционным путем сорта сливы домашней (*Prunus domestica* L., 2n = 48). В составе вида сливы домашней выделяют четыре подвида: венгерки, или настоящие сливы, ренклоды, терносливы, марабеллы. Большинство распространенных сортов относится к венгеркам и ренклодам.

Однако опыт выращивания сливы показал, что самым серьезным препятствием расширения её насаждений в данном регионе является отсутствие адаптированных сортов к изменяющимся климатическим условиям.

Учитывая положительные результаты, достигнутые в США от использования в селекции сливы высокозимостойких восточно-азиатских диплоидных видов, в Центральном районе России также начали широко вовлекать их в селекцию (Колесникова и др., 1995).

В гибридизации использовали сорта селекции Л. Бербанка, Н. Ганзена, В. Ольдермана, полученные от гибридизации восточно-азиатских видов сливы (*P. triflora*, *P. ussuriensis*) с американской (*P. americana*) и канадской сливой (*P. nigra*). Китайско-американские сорта сливы обладают ценными качествами. Они очень скороплодны, плоды их крупные ярко окрашенные, цветковые почки исключительно зимостойки, даже в самые суровые зимы не вымерзают. А.Н. Веняминовым от скрещивания китайско-американского сорта (Лакресцент) с сортом сливы домашней за период 1950...1971 гг. был создан высококачественный сорт Евразия 21, который был много лет районирован в Центрально-Черноземном регионе. Получены и другие сорта, которые являются продуктом многократных скрещиваний в пределах генофонда восточно-азиатских и американских диплоидных сортов сливы. Они включены в Государственный реестр допущенных к использованию. В связи с глобальным изменением климата исключительную важность приобретает изучение их адаптивности к местным условиям среды.

Для получения высоких устойчивых урожаев в условиях с недостаточной водообеспеченностью необходим соответствующий исходный селекционный материал для создания сортов с широкой нормой реакции, способных максимально проявлять свой генетический потенциал развития и продуктивности в условиях с различным уровнем действия дефицита влаги (Paudel et al., 2020; Paudel et al., 2022). Результаты изучения засухоустойчивости сливы в различных регионах отражены в работах ряда исследователей (Гончарова и др., 1979; Дорошенко и др., 2010; Заремук, 2013; Феськов, 2014; Солонкин, 2017; Кочубей, Заремук, 2020; Баширова, Фещенко, 2021; Mishko et al., 2021; Gerbi, 2022; Борзых и др., 2023). Водный статус и ответные реакции на засуху в условиях Центрального региона у сортов сливы изучены недостаточно. Выявление внутренних механизмов и процессов, с помощью которых реализуется генетическая программа характера взаимодействия «генотип – среда» в условиях засухи, позволит повысить эффективность селекции (Fang, Xiong, 2015).

Цель наших исследований – дать оценку адаптивного потенциала некоторых сортов сливы по отношению к недостатку влаги в условиях Центрального региона России.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2021...2023 гг. на агробиостанции Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева. Схема посадки сада 5 × 2 м. Почва – серая лесная и светло-серая лесная, по механическому составу – средний и тяжелый суглинок (агроземы). Содержание гумуса в пахотном слое около 2,8...3,0 %.

Климат умеренно-континентальный, сравнительно теплый. Распределение осадков в течение вегетационного периода неравномерное. Поэтому нередко создаются засушливые периоды. Годовое количество осадков на территории агробиостанции составляет 560 мм. Средняя годовая температура +4,6 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха за многолетний период составляет по Орловской области -39 °С, абсолютный максимум – +39 °С. Суммы средних суточных температур за время активной вегетации растений колеблются в пределах 2150...2300 °С.

Средняя температура в июне 2021 года была выше средней многолетней на 1,9 °С, в июле – выше на 2,5 °С, в августе – на 2,0 °С. Количество осадков в июне составило 59 % от нормы,

в июле – 59 %, в августе – 93 %. Летом 2022 года засушливая погода установилась на протяжении июня-августа. Средняя температура в эти месяцы была на уровне средних многолетних значений или чуть выше (на 3,3 °С в августе). Количество осадков в июне составило 75 % от нормы, в июле – 74 %, в августе – 62 %. Летом 2023 года засушливая погода также установилась на протяжении июня-августа. Температура в эти месяцы была на уровне средних многолетних значений или чуть выше (на 1,7 °С в августе), но количество осадков в июне составило 81 % от нормы, в июле – 88 %, в августе – 83 %. Сложившиеся аномальные погодные условия вызвали частичное опадение завязи и сформировавшихся плодов.

В качестве объектов исследований использовали сорта сливы, полученные от скрещиваний китайско-американских сортов с сортами сливы домашней: Евразия 21, Скороплодная, Орловский сувенир, Краса Орловщины, Неженка. В качестве контроля – сорт сливы домашней Рекорд (Пердрегон × Скороспелка красная).

Для выявления водного статуса растений и потенциала засухоустойчивости сортов сливы в июле, после завершения роста побегов, определяли водоудерживающую способность – методом завядания (по Ничипоровичу), состояние устьиц – методом инфильтрации. Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками (Епринцев, Хожайнова, 2018) на фоне естественной засухи. Полученные результаты обработаны методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

Устойчивость растений к продолжительной засухе во многом определяется их способностью удерживать влагу. Результаты исследования водоудерживающей способности листьев в течение длительного времени в среднем за 2021...2023 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика испарения воды листьями сортов сливы, в среднем за 2021...2023 гг.

Сорт	Масса испарившейся воды с течением времени, %		
	через 30 мин	через 60 мин	через 90 мин
Рекорд (контроль)	3,48	5,38	6,65
Скороплодная	4,82	6,75	7,07
Неженка	7,85	9,35	11,96
Краса Орловщины	6,30	7,87	11,02
Орловский сувенир	3,73	6,34	9,33
Евразия 21	6,99	11,76	16,54
НСР ₀₅	0,78	1,03	1,12

Анализ полученных данных показал, что через 30 мин после начала эксперимента на уровне контроля испаряли воду листья сорта Орловский сувенир (3,73 %); достоверно худшие результаты показали сорта Неженка (листья потеряли 7,85 % воды) и сорта Евразия 21 (листья потеряли 7,85 % воды), Краса Орловщины (6,30 %). Ни один из исследуемых сортов не превзошел контроль (3,48 %) по этому показателю. Через 60 мин после начала эксперимента наибольшая потеря воды выявлена у сорта Евразия 21 (листья потеряли 11,76 % воды), листья других сортов также теряли влагу сильнее, чем контрольный сорт Рекорд (5,38 %). На уровне контроля была потеря воды у листьев сорта Орловский сувенир (6,34 %). Блики к ним показатели потери воды листьями сорта Скороплодная (6,75 %). Листья сорта Евразия 21 через 90 мин после начала эксперимента более других сортов потеряли воды (16,54 %) от первоначального веса. Потеря воды листьями других испытываемых сортов также увеличилась, но эти потери колебались в пределах от 7,07 % (на уровне контроля) для сорта Скороплодная и до 11,96 % для сорта Неженка. Листья сорта

Орловский сувенир теряли 9,33 % влаги, что достоверно превышает контроль, но значительно меньше, чем потеря влаги листьями других сортов.

Важным фактором в регуляции водного режима растений является работа устьиц, которые при недостатке воды в растительном организме способны закрываться, уменьшая интенсивность транспирации с поверхности листьев и увеличивая водоудерживающую способность. Это способствует сохранению большего количества влаги в растении. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Степень открытости устьиц листьев сортов сливы, в среднем за 2021...2023 гг., в баллах

Сорт	Условия и время проведения эксперимента							
	через 0 мин		через 30 мин		через 60 мин		через 90 мин	
	спирт	ксиллол	спирт	ксиллол	спирт	ксиллол	спирт	ксиллол
Рекорд (контроль)	0,00	5,00	0,00	4,33	0,00	4,33	0,00	5,00
Скороплодная	0,00	4,67	0,00	1,00	0,00	5,00	0,00	5,00
Неженка	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,33	0,00	0,50
Краса Орловщины	0,00	5,00	0,00	3,67	0,00	2,00	0,00	2,00
Орловский сувенир	0,00	4,67	0,00	0,67	0,00	1,33	0,00	1,00
Евразия 21	0,00	3,33	0,00	5,00	0,00	4,33	0,00	5,00
В среднем по вариантам	-	4,06	-	2,53	-	2,83	-	2,51
НСР ₀₅	-	0,19	-	0,21	-	0,37	-	0,27

Изучение степени открытости устьиц листьев сортов сливы методом инфильтрации показало, что, как в начале, так и через 30 мин, и по окончании эксперимента (через 90 мин) у всех сортов сливы нет широко открытых устьиц: проникновение спирта – 0 баллов.

Средней степенью открытостью устьиц (проникновение ксиллола) характеризовались все испытанные сорта (4,06 балла в среднем по всем сортам). В начале эксперимента наименьшей степенью открытости устьиц (3,33 балла) характеризовались листья сорта Евразия 21, что существенно ниже, чем у контрольного сорта Рекорд. Для сортов Скороплодная и Орловский сувенир этот показатель составил 4,67 балла, для остальных сортов – 5,0 баллов. Через 30 мин после начала эксперимента в среднем по всем сортам степень открытости устьиц уменьшилась и составила 2,53 балла. Проникновение ксиллола через устьица в ткани листьев в меньшей степени была отмечена у сортов Скороплодная (1,0 балл), Неженка (1,0 балл), Орловский сувенир (0,67 балла). Достаточно высокой на уровне контроля оставалась степень открытости устьиц у сорта Евразия 21 (5,0 баллов при обработке ксиллолом).

Через 60 мин после начала эксперимента в среднем по всем сортам степень открытости устьиц составила 2,83 балла. Низкое значение степени открытости устьиц (значительно меньше контроля) выявили у листьев сортов Неженка (0,33 балла), Орловский сувенир (1,33 балла) и Краса Орловщины (2,0 балла). У сорта Евразия 21 степень открытости устьиц листьев отмечена на уровне контрольного сорта Рекорд (4,33 балла), а у листьев сорта Скороплодная – выше контроля (5,0 баллов). В среднем для всех сортов степень открытости устьиц через 90 мин существенно не изменилась, по сравнению с измерением через 30 и 60 мин, и составила 2,51 балла. Значительно ниже контроля она оставалась у сортов Неженка (0,5 баллов), Орловский сувенир (1,0 балл), Краса Орловщины (2,0 балла). У сорта Скороплодная после временного закрытия устьиц (через 30 мин – 1,0 балл) через 60 и 90 мин после начала эксперимента вновь наблюдали проникновение ксиллола на уровне контроля 5,0 баллов.

Исследованиями не выявлено сортов с полностью закрытыми устьицами листьев. Петролейный эфир проникал в слабо открытые устьица всех сортов на протяжении от начала до завершения эксперимента через 90 мин на уровне 4,5...5,0 баллов.

Заключение

У исследованных сортов сливы установлено наличие следующих механизмов физиологических адаптивных реакций растений на недостаток влаги: сохранение влаги тканями листа (водоудерживающая способность) и сохранение влаги путем сокращения испарения за счет корректировки морфологической структуры устьиц (степень открытости устьиц, открывание и закрывание). Выявлены особенности проявления этих механизмов в зависимости от генотипа.

Испарение воды из листьев изученных сортов сливы происходит постепенно, с течением времени увеличивается. Количество испарившейся воды через 90 мин варьирует в пределах от 7,07 % у сорта Скороплодная до 16,54 % у сорта Евразия 21. Сорта сливы, полученные от скрещиваний китайско-американских сортов с сортами сливы домашней, в условиях недостатка влаги уступают контрольному сорту сливы домашней Рекорд по способности удерживать воду тканями листа (водоудерживающая способность), располагаются в следующей убывающей последовательности: Рекорд (контроль), Скороплодная, Орловский сувенир, Краса Орловщины, Неженка, Евразия 21.

В условиях естественной умеренной засухи у листьев всех испытанных сортов нет широко открытых устьиц. Устьица характеризуются средней степенью открытости: от 3,33 балла (Евразия 21) до 5,0 баллов (Неженка, Краса Орловщины, Рекорд). При последующем полном ограничении поступления влаги происходит быстрое сокращение степени открытости устьиц. Уже через 30 мин у сортов Скороплодная и Неженка степень открытости устьиц составляла 1,0 балл, а у сорта Орловский сувенир – 0,63 балла. По скорости сокращения степени открытости устьиц листьев (через 30 мин) сорта сливы располагаются в следующей убывающей последовательности: Орловский сувенир, Скороплодная, Неженка, Краса Орловщины, Рекорд (контроль), Евразия 21. Однако не все сорта в условиях полной засухи способны поддерживать работу механизма регуляции степени открытости устьиц длительное время (через 60 и 90 мин). По способности сохранять низкую степень открытости устьиц длительное время сорта сливы располагаются в следующей убывающей последовательности: Неженка, Орловский сувенир, Краса Орловщины, Рекорд (контроль), Евразия 21, Скороплодная.

Сортов со всеми полностью закрытыми устьицами листьев не выявлено.

Таким образом, по комплексу лучших показателей проявления механизмов физиологических адаптивных реакций растений на недостаток влаги выделились следующие сорта сливы: Орловский сувенир (3 показателя), Скороплодная (2 показателя), Неженка (2 показателя). Эти сорта целесообразно вовлекать в последующую синтетическую селекцию на устойчивость к засухе.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Албанов Н.С. Интенсивность транспирации у интродуцированных в Чуйскую долину Кыргызстана форм и сортов алычи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023. № 5. С. 5-10. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13535>

2. Баширова В.Р., Фещенко Е.М. Агробиологическая оценка адаптивных сортов сливы в условиях оренбургского Приуралья // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. № 67. С. 247-253. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-67-50-98>. EDN: VQQQMZ
3. Борзых Н.В., Юшков А.Н., Богданов Р.Е. Оценка засухоустойчивости сортов сливы домашней методом индукции флуоресценции хлорофилла // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 3. <https://doi.org/10.23649/jae.2023.31.3.004>. EDN: DCGOMH
4. Гончарова Э.А., Магомедова Р.А., Еремин Г.В. Особенности водообмена разных по засухоустойчивости сортов сливы и алычи в период формирования урожая // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1979. Т. 64, № 3. С. 52-71. EDN: YHKRGP
5. Дорошенко Т.Н., Захарчук Н.В., Рязанова Л.Г. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России. Краснодар, 2010. 131 с. EDN: QCSJBX
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD
7. Епринцев А.Т., Хожайнова Г.Н. Малый практикум по физиологии растений. Учебно-методическое пособие. Воронеж: ВГУ, 2018. 174 с.
8. Заремук Р.Ш. Адаптивный сортимент сливы для экологически устойчивого производства плодов в краснодарском крае // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 20. С. 1-7. EDN: P XB JDD
9. Ибрагимов К.Х. Проблемы развития садоводства России в условиях меняющегося климата // Вісник Уманського національного університету садівництва. 2014. № 1. С. 105-106. EDN: SJTDGT
10. Колесникова А.Ф., Джигадло Е.Н., Хабаров Ю.И. Результаты селекции сливы за 40 лет // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орел, 1995. С. 180-185.
11. Кочубей А.А., Заремук Р.Ш. Исследование засухоустойчивости гибридного материала сливы домашней в условиях юга России // Аграрная наука. 2020. № 6. С. 94-98. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-94-98>. EDN: YPAVAT
12. Сатибалов А.В. Влияние глобального потепления на региональный климат и его последствия для плодовых культур // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69. С. 101-122. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122>. EDN: DDYYMD
13. Солонкин А.В. Стратегия селекции вишни и сливы для создания сортов в Нижнем Поволжье, возделываемых по современным технологиям: дис. ... д-ра. с.-х. наук. Волгоград, 2018. 349 с. EDN: QUEHTA
14. Феськов С.А. Оценка засухоустойчивости сортов сливы домашней // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40, № 2. С. 247-253. EDN: TBEFKF
15. Jangra M.S., Sharma J.P. Climate resilient apple production in Kullu valley of Himachal Pradesh // International Journal of Farm Sciences. 2013. Vol. 3, № 1. P. 91-98. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijfs&volume=3&issue=1&article=013&type=pdf>
16. Paudel I., Gerbi H., Wagner Y., Zisovich A., Sapir G., Brumfeld V., Klein T. Drought tolerance of wild versus cultivated tree species of almond and plum in the field // Tree Physiology. 2020. Vol. 40, № 4. P. 454-466. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz134>
17. Mishko A., Sundyeva M., ZaremuK R., Mozhar N., Lutskiy E. Effects of drought on the physiological parameters of fruit crops leaves // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 34. P. 01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213401009>
18. Gerbi H., Paudel I., Zisovich A., Sapir G., Ben-Dor Sh., Klein T. Physiological drought resistance mechanisms in wild species vs. rootstocks of almond and plum // Trees. 2022. Vol. 36. P. 669-683. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02238-0>
19. Fang Y., Xiong L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants // Cellular and Molecular Life Sciences. 2015. Vol. 72. P. 673-689. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0>

References

1. Albanov, N.S. (2023). Transpiration intensity in cherry plum forms and varieties introduced into the Chui valley of Kyrgyzstan. *International journal of applied and fundamental research*, 5, 5-10. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13535> (In Russian, English abstract).
2. Bashirova, V.R., & Feschenko, E.M. (2021). Agrobiological assessment of adaptive plum varieties in the conditions of the Orenburg Urals. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 67, 50-59. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-67-50-98>. EDN: VQQQMZ (In Russian, English abstract).
3. Borzyh, N.V., Yushkov, A.N., & Bogdanov, R.E. (2023). An evaluation of drought resistance of varieties of common plum by the method of chlorophyll fluorescence induction. *Journal of Agriculture and Environment*, 3. <https://doi.org/10.23649/jae.2023.31.3.004>. EDN: DCGOMH (In Russian, English abstract).
4. Goncharova, E.A., Magomedova, R.A., & Eremin, G.V. (1979). Water exchange peculiarities in plum and myrobalan plum varieties with different drought resistance in the period of yield formation. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 64, 52-71. EDN: YHKRGP (In Russian, English abstract).
5. Doroshenko, T.N., Zakharchuk, N.V., & Ryazanova, L.G. (2010). *Adaptive potential of fruit plants in the south of Russia*. Krasnodar. EDN: QCSJBX (In Russian).
6. Dospikhov, B.A. (1985). *Method of field experiment*. Moscow: Agropromizdat. EDN: ZJQBUD (In Russian).
7. Eprintsev, A.T., & Khozhainova, G.N. (2018). *Small workshop on plant physiology*. Voronezh: VSU. (In Russian).
8. Zaremuk, R. (2013). Adaptive assortment of plum for ecological stable production in the Krasnodar region. *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 20, 1-7. URL: PXBJDD (In Russian, English abstract).
9. Ibragimov, K.Kh. (2014). Problems of development of gardening in Russia in a changing climate. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 105-106. EDN: SJTDGT (In Russian, English abstract).
10. Kolesnikova, A.F., Dzhigadlo, E.N., & Khabarov, Yu.I. (1995). Results of plum breeding over 40 years. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 180-185. Orel. (In Russian).
11. Kochubey, A.A., & Zaremuk, R.S. (2020). Study of drought tolerance of hybrid material of home plum in southern Russia. *Agrarian science*, 6, 94-98. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-94-98>. EDN: YPAVAT (In Russian, English abstract).
12. Satibalov, A.V. (2021). The influence of global warming on the regional climate and its consequences for fruit crops. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*, 69, 101-122. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122>. EDN: DDYYMD (In Russian, English abstract).
13. Solonkin, A.V. (2018). *Breeding strategy for cherries and plums to create varieties in the Lower Volga region, cultivated using modern technologies (Agri. Sci. Doc. Thesis)*. Volgograd. EDN: QUEHTA (In Russian).
14. Feskov, S.A. (2014). Evaluation of drought-resistant varieties of plum domestica. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 40(2), 247-253. EDN: TBEFKF (In Russian, English abstract).
15. Jangra, M.S., & Sharma, J.P. (2013). Climate resilient apple production in Kullu valley of Himachal Pradesh. *International Journal of Farm Sciences*, 3(1), 91-98. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijfs&volume=3&issue=1&article=013&type=pdf>
16. Paudel, I., Gerbi, H., Wagner, Y., Zisovich, A., Sapir, G., Brumfeld, V., & Klein, T. (2020). Drought tolerance of wild versus cultivated tree species of almond and plum in the field. *Tree Physiology*, 40(4), 454-466. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz134>

17. Mishko, A., Sundryeva, M., Zaremuq, R., Mozhar, N., & Lutskiy, E. (2021). Effects of drought on the physiological parameters of fruit crops leaves. *BIO Web of Conferences*, 34, 01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213401009>
18. Gerbi, H., Paudel, I., Zisovich, A., Sapir, G., Ben-Dor, Sh., & Klein, T. (2022). Physiological drought resistance mechanisms in wild species vs. rootstocks of almond and plum. *Trees*, 36, 669-683. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02238-0>
19. Fang, Y., & Xiong, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 72, 673-689. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0>

Авторы:

Инна Эрнестовна Федотова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедры почвоведения и прикладной биологии, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», fedotovaie@mail.ru
SPIN: [6812-4225](#)

Ольга Викторовна Острикова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения и прикладной биологии, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», ostrikova_ov@mail.ru
SPIN: [4591-4819](#)

Елена Леонидовна Хархардина, старший преподаватель кафедры почвоведения и прикладной биологии, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», harhardinaelena@gmail.com
SPIN: [9906-5860](#)

Authors details:

Inna Fedotova, PhD in Adiculture, Associate Professor, Head of Department of Scientiae Solae et Acta Biologiae of the Orel State University named after I.S. Turgenev, fedotovaie@mail.ru
SPIN: [6812-4225](#)

Olga Ostrikova, PhD in Adiculture, Associate Professor in Department of Scientiae Solae et Acta Biologiae of the Orel State University named after I.S. Turgenev, ostrikova_ov@mail.ru
SPIN: [4591-4819](#)

Elena Kharkhardina, Senior lecturer in Department of Scientiae et Acta Biologiae of the Orel State University named after I.S. Turgenev, harhardinaelena@gmail.com
SPIN: [9906-5860](#)

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.

УДК 634.23:631.526.32

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТООБРАЗЦОВ ВИШНИ БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВНИИСПК К ГРИБНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

И.Н. Ефремов , А.А. Гуляева, Т.Н. Берлова, А.А. Галькова

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, info@vniispk.ru

Аннотация

Особенности устойчивости сортобразцов вишни биоресурсной коллекции Всероссийского НИИ селекции плодовых культур к грибным болезням изучали в период с 2018 по 2020 год. В ходе изучений определяли устойчивость генотипов к коккомикозу и монилиозу – двум основным болезням вишни обыкновенной в условиях Орловской области. Были изучены 20 генотипов, среди которых было 14 сортов, одна элитная, три отборных формы селекции ВНИИСПК, и два сорта разного генетического и эколого-географического происхождения. Исследования проводились на базе садовых насаждений отдела селекции, сортоизучения и сортовой агротехники косточковых культур ВНИИСПК. По итогам исследований была выявлена определенная степень зависимости сортобразцов к болезням. Так, уровень устойчивости к коккомикозу выше, чем у контрольного варианта, показали генотипы Подарок учителям, ЭЛС 84847, Новелла, ОС 84735, Муза, Быстринка. Сорта Ostheim Griotte и Уманская скороспелка проявили недостаточную степень устойчивости к данной болезни. В то же время, устойчивыми к монилиозу проявили себя сортобразцы Шоколадница, Орлица, Верея, Путинка, ОС 84854, Подарок учителям, Новелла, Ровесница и Быстринка, а также сорт Превосходная Веньяминова, у которого за весь период исследований вовсе не было выявлено поражения монилиозом. Наименее устойчивыми были сортобразцы Уманская скороспелка и ОС 84595. Проведенные исследования позволили обнаружить ряд генотипов, наиболее устойчивых к обеим рассматриваемым болезням. Это сорта Подарок учителям, Новелла, Быстринка, которые могут быть использованы в селекции на комплексную устойчивость к грибным заболеваниям вишни.

Ключевые слова: генотип, болезни, коккомикоз, монилиоз, сортоизучение

RESISTANCE OF SOUR CHERRY VARIETIES OF THE VNIISPK BIORESOURCE COLLECTION TO FUNGAL DISEASES

I.N. Efremov , A.A. Gulyaeva, T.N. Berlova, A.A. Galkova

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, VNIISPK, Orel district, Orel region, Russia, info@vniispk.ru

Abstract

Features of the resistance of sour cherry varieties from the bioresource collection of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK) to fungal diseases were studied in the period from 2018 to 2020. During the studies, the resistance of the genotypes to coccomycosis and moniliosis, two main diseases of sour cherries in the Orel region, was determined. 20 genotypes were studied, among which there were 14 varieties, as well as one elite and three selected forms of VNIISPK breeding, as well as two varieties of different genetic and ecological-geographical origin. The research was carried out on the basis of garden plantings of the department of breeding, variety study and varietal agricultural technology of stone fruit crops of the VNIISPK. Based on the results of the research, a certain degree of genotype dependence on diseases was revealed. Thus, the level of resistance to coccomycosis was higher than that of the control variant, as shown by the genotypes Podarok Uchitelyam, ELS 84847, Novella, OS 84735, Muza and Bystrinka. The varieties Ostheim

Griotte and Umanskaya Skorospelka showed an insufficient degree of resistance to this disease. At the same time, Shokoladnitsa, Orlitsa, Vereya, Putinka, OS 84854, Podarok Uchitelyam, Novella, Rovesnitsa and Bystrinka proved to be resistant to moniliosis, as well as Prevoskhodnaya Venyaminova, which was not affected by moniliosis at all. Umanskaya Skorospelka and OS 84595 were the least resistant ones. The studies made it possible to identify a number of genotypes that were the most resistant to both diseases. They are Podarok Uchitelyam, Novella and Bystrinka, which can be used in breeding for complex resistance to fungal diseases of sour cherries.

Key words: genotype, diseases, coccomycosis, moniliosis, variety study

Введение

Изменение температурного режима и влагообеспеченности повсеместно отразилось в виде учащения эпифитотии грибных болезней (Егоров, 2012). Весьма актуально это и для Орловской области, грибных за последние 40...45 лет среднегодовая температура воздуха выросла почти на 2,0 °С (с 4,8 до 7,0 °С), а среднегодовая сумма осадков – на 141 мм. В основном, это произошло за счет потепления в зимне-весенние (январь-апрель – в среднем на 3,6 °С) и осенние (октябрь-ноябрь – на 1,1 °С и 0,2 °С соответственно) месяцы (Амелин, Петрова, 2006).

На сегодняшний день в садах скопилось столько инфекции, что без проведения каких-либо защитных мер, сады вишни просто погибнут (Горбачева и др., 2013). Контроль над болезнями в основном зависит от использования фунгицидов. Однако большинство пестицидов обладают кратковременной эффективностью (Leiss et al., 2011). И.Г. Мищенко (2014) отмечает быструю адаптацию доминирующих вредных видов к экологическим стрессам, потерю устойчивости растений к болезням, потерю чувствительности грибных возбудителей заболеваний к пестицидам. Более того, в нынешнее время наибольшей ценностью обладает именно та плодово-ягодная продукция, что получена с минимальным использованием химических средств защиты растений (Левгерова, Джигадло, 2000).

В этой связи наиболее эффективная и экономичная форма борьбы с патогенами – выведение устойчивых сортов. Устойчивый сорт – это главная составляющая самозащиты культурного растения от возбудителей болезней и важный инновационный элемент в защите плодовых растений от вредных организмов. Устойчивость к болезням – основной признак, которым должен обладать новый перспективный сорт (Заремук, Говорущенко, 2010; Галькова и др., 2021). На сегодня практически нет иммунных сортов к болезням, но есть сорта более устойчивые (Гуляева, 2015; Кузнецова, Ленивцева, 2021). Основа исследования в этой отрасли – изучение сортимента косточковых культур в специфических почвенно-климатических условиях для отбора сортов, сочетающих высокую продуктивность и качественные показатели с комплексной устойчивостью к болезням.

Рациональная стратегия селекции на устойчивость к болезням должна предусматривать расширение генетического разнообразия возделываемых сортов. В литературе обсуждается несколько способов решения задачи: чередование во времени сортов с разными генами устойчивости, селекция мультилинейных сортов (смесей фенотипически сходных линий, различающихся по генам устойчивости), возделывание сортов с разными генами устойчивости в ареале возбудителя (мозаики), объединение в одном сорте различных генов устойчивости (пирамидирование). Реализация любой из этих стратегий основана на изучении наследования устойчивости и создании новых доноров, защищенных эффективными генами устойчивости (Ленивцева и др., 2017).

Коккомикоз – наиболее опасное заболевание вишни в США и Европе. Возбудитель *Coccomyces hiemalis* Higg. паразитирует в конидиальной стадии *Cylindrosporium hiemale* Higg. Болезнь проявляется в конце мая – начале июня (Севастьянова, 1980) и поражает,

главным образом, листья, реже плоды и плодоножки поздних сортов. Болезнь проявляется в виде мелких буровато-красных пятен, сосредоточенных, главным образом, вдоль центральной и боковых жилок листа. С нижней стороны листа на пятнах образуется белый или розовый налет спороношения (Таранов, Вышинская, 2012).

У пораженных коккомикозом деревьев содержание хлорофилла в листьях уменьшается почти в два раза. Сильно пострадавшие деревья могут быть дефолированы уже в середине лета. На опавшей листве скапливается инфекция, из-за которой в следующем году снова вспыхнет болезнь. Зимостойкость почек и дерева существенно снижается. Плохо удерживается влага, ухудшается отток ассимилянтов, деревья уходят в зиму неподготовленными и сильно страдают от подмерзания даже при отсутствии критических температур. Рост побегов замедляется. В запущенных случаях растения могут полностью погибнуть. Болезнь также может вызывать повреждения на плодах, черешках и плодоножках (Джигадло, 2011; Лазарев, 2011; Тихонов, Каширская, 2014).

Наименьшую устойчивость к болезням имеют сорта с преобладанием в своем генотипе признаков вишни степной, вишня обыкновенная имеет промежуточное положение, наибольшую устойчивость проявляют сорта с признаками черешни. Известно, что споры грибов прекрасно переносят теплые южные зимы, переживая холода: на оставшихся растительных остатках под деревом, на поверхности грунта. С наступлением тепла активно идет распространение спор грибка, особенно при температуре воздуха +11,0...+28,0 °С, во влажную погоду, сопровождающуюся дождем, туманом или выпадением росы, во время сильных ветров, помогающих разнесению инфекции (Копнина, 2022). Наиболее перспективное направление создания устойчивых к коккомикозу сортов вишни – межвидовая гибридизация (Заремук, Говорущенко, 2010). Для успешного получения устойчивых форм необходимо знать комбинационную способность сортов, принимающих участие в скрещиваниях. Важны сведения по урожайности, силе роста, зимостойкости, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, срокам созревания, качеству плодов и прочим хозяйственно-ценным признакам (Никифорова, Чмир, 2000).

В России монилиоз плодовых культур впервые обнаружил в 1884 г. Воронин М.С. В ЦЧР его эпифитотии впервые появились летом 1995 г. (Насонова, 2017). Степень поражения кроны вишни разных возрастных групп неодинакова и увеличивается с возрастом деревьев. Поражение деревьев возрастает с начала плодоношения. Молодые деревья, как более жизнеспособные, лучше противостоят заболеванию. На территории России обнаружили два вида монилиоза – *Monilia cinerea* Bonord. и *Monilia fructigena* Pers. В промышленных насаждениях на косточковых культурах монилиоз проявляется соответственно в двух формах: в виде монилиального ожога соцветий и плодовой гнили. Для этой болезни характерны две стадии: конидиальная и склероциальная (Джигадло, 2009; Насонова, 2017).

Monilia cinerea Bonord. – возбудитель монилиального ожога, зимует в виде покоящегося мицелия и конидий на пораженных ветвях и плодах. К периоду цветения вишни, особенно в дождливую и прохладную погоду, число конидиальных подушечек резко возрастает. Заражение новых ветвей происходит во время цветения, обычно через рыльце пестика, где конидии прорастают в мицелий, проникающий в цветоножку, а затем в ветви, вызывая их усыхание. При массовом распространении болезни могут быть поражены все плодоносящие веточки. Пораженные веточки вместе с цветками и молодыми листьями буреют, засыхают и долгое время (до весны следующего года и дольше) остаются на дереве. Если в период цветения косточковых выпадают дожди и бывают туманы, монилиоз может уничтожить все цветки, и урожая не будет. Вишня наиболее восприимчива к монилиальному ожогу в фазу полного цветения, когда все части цветка восприимчивы к инфекции (Плескачевич, Берлинчик, 2010).

Плодовая (бурая) гниль начинается с небольшого темного пятна, которое быстро разрастается и охватывает весь плод. На поверхности образуется множество мелких разрозненных или сливающихся вместе светло-серых крупных подушечек спороношения гриба, которые располагаются концентрическими кругами. Гнилые плоды сморщиваются и засыхают. Инфекция сохраняется в сухих мумифицированных плодах, оставшихся висеть на дереве или упавших на землю. Весной они покрываются многочисленными конидиями, которые служат дополнительным источником инфекции. Развитию монилиального ожога благоприятствует прохладная и влажная погода весной, в период цветения. Высокая влажность способствует не только массовому образованию конидий гриба на мумифицированных плодах, но и прорастанию спор при попадании их на цветок. Умеренная или относительно низкая температура увеличивает вероятность заражения. Заражению плодов способствуют механические повреждения насекомыми, тесное расположение плодов на ветке. При этом плоды остаются висеть на дереве, которые и служат в дальнейшем источником инфекции (Круглова, 2017). В этой связи цель исследования – провести оценку сортообразцов вишни из биоресурсной коллекции ВНИИСПК на предмет устойчивости к грибным болезням – коккомикозу и монилиозу.

Материал и методы

В качестве объектов исследования использованы 14 сортов, 1 элитная и 3 отборные формы вишни селекции ВНИИСПК и 2 интродуцированных сорта различного генетического и эколого-географического происхождения из генетической биоресурсной коллекции ВНИИСПК. Изучаемые объекты располагаются в селекционных и производственных насаждениях ВНИИСПК. Растения были посажены с 2011 по 2015 гг. по схеме посадки 5 × 3 м. Междурядья и приствольные полосы насаждения содержатся под черным паром (таблица 1).

Таблица 1 – Объекты исследований

№	Сортообразец	Генетическое происхождение
1	Тургеневка (контроль) (р)*	Свободное опыление сорта Жуковская
2	Бусинка (р)*	Шоколадница × Новелла
3	Быстринка (р)*	Жуковская × Золушка
4	Веряя (ГСИ)*	Антрацитовая (к) × Превосходная Веньяминова
5	Капелька (р)*	Ровесница × Новелла
6	Конкурентка (р)*	Любская × Жуковская
7	Муза (ГСИ)*	Свободное опыление сорта Любительская
8	Новелла (р)*	Россошанская черная × Возрождение № 1
9	Орлица (р)*	Жуковская свободное опыление
10	Подарок учителям (р)*	Любская × Орловская ранняя
11	Превосходная Веньяминова (ГСИ)*	Отбор из семян свободного опыления Дрогана желтая
12	Путинка (р)*	Антрацитовая × Превосходная Веньяминова
13	Ровесница (р)*	Сорт № 11 × Ширпотреб черная
14	Уманская скороспелка **	Дрогана желтая × Ostheim Griotte
15	Шоколадница (р)*	Поздний мутант Ширпотреб черная × Любская
16	Ostheim Griotte**	Сорт народной селекции из Испании
17	ОС 84595*	Золушка (к) × Шоколадница № 51
18	ОС 84735*	Шоколадница (к) × Новелла
19	ЭЛС 84847*	Ровесница × Новелла
20	ОС 84854*	Ровесница × Новелла

Примечание: р – сорт находится в Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию; ГСИ – сорт, переданный на Госсортоиспытание; * – сорт или форма селекции ВНИИСПК; ** – интродуцированный сорт

Исследования проводились на базе отдела селекции, сортоизучения и сортовой агротехники косточковых культур ФГБНУ ВНИИСПК в 2018...2020 гг. Оценка устойчивости объектов исследования к грибным заболеваниям проводится согласно методике сортоизучения косточковых культур (Джигадло и др., 1999). Учет поражения монилиозом проводится визуально, при этом берется во внимание количество пораженных цветков на дереве, которое оценивается в баллах по 5-балльной шкале. Обработка экспериментального материала проведена методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2011).

Результаты и их обсуждение

Были проведены исследования по устойчивости сортообразцов вишни к основным грибным болезням данной культуры – коккомикозу и монилиозу. Были получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2 – Степень поражения сортообразцов вишни коккомикозом, баллов

Сортообразец	2018	2019	2020	\bar{x}	Максимальный балл поражения
Тургеневка (контроль)	1,1	0,4	1,5	1,0	1,5
Бусинка	0,5	3,5	1,5	1,8	3,5
Быстринка	0,0	0,0	1,8	0,6	1,8
Верея	1,0	1,0	3,0	1,7	3,0
Капелька	1,0	0,3	2,3	1,2	2,3
Конкурентка	0,3	1,6	3,5	1,8	3,5
Муза	0,0	0,1	1,8	0,6	1,8
Новелла	0,0	0,1	2,1	0,7	2,1
Орлица	0,0	0,9	2,8	1,2	2,8
Подарок учителям	0,1	0,4	2,1	0,9	2,1
Превосходная Веньяминова	1,6	1,0	2,3	1,6	2,3
Путинка	0,3	2,5	2,7	1,8	2,7
Ровесница	0,9	0,5	3,1	1,5	3,1
Уманская скороспелка	1,6	1,3	4,0	2,3	4,0
Шоколадница	0,3	2,2	2,8	1,8	2,8
Ostheim Griotte	2,0	3,0	3,5	2,8	3,5
ОС 84595	1,0	1,3	2,3	1,6	2,3
ОС 84735	0,0	0,0	2,0	0,7	2,0
ЭЛС 84847	0,8	0,5	1,0	0,8	1,0
ОС 84854	1,0	0,0	3,0	1,3	3,0
\bar{x}	0,7	1,0	2,5	1,4	2,6
HC_{P05}		0,43			

Большинство изучаемых сортообразцов вишни проявили высокую степень устойчивости к коккомикозу. Средняя степень поражения за весь период исследования составила 1,4 баллов. Контрольный сорт Тургеневка имел поражение данной болезнью на уровне 1,0 баллов. Более устойчивыми по сравнению с ним оказались сортообразцы Подарок учителям (0,9 баллов), ЭЛС 84847 (0,8 баллов), Новелла (0,7 балл), ОС 84735 (0,7 балла), Муза (0,6 балла), Быстринка (0,6 балла). Малоустойчивыми считаются сортообразцы, у которых поражение коккомикозом превышает 2,0 баллов. Таковыми проявили себя сортообразцы Ostheim Griotte и Уманская скороспелка, у которых поражение коккомикозом составило соответственно 2,8 балла и 2,3 балла. При учете максимального балла поражения за весь период исследований выявлено, что у контрольного сорта Тургеневка этот показатель составил 1,5 балла. По сравнению с ними более устойчивыми проявил ЭЛС 84847 с

поражением на 1,0 баллов, тогда как у всех остальных сортообразцов максимальное поражение коккомикозом варьировало в пределах от 1,8 балла до 3,5 баллов (таблица 2).

Согласно полученным данным, все изучаемые сортообразцы вишни проявили устойчивость к монилиозу. Средняя степень поражения за весь период исследования составила 0,5 баллов. Контрольный сорт Тургеневка имел поражение данной болезнью на уровне 0,4 баллов. Более устойчивыми по сравнению с ним оказались сортообразцы Орлица, Верея, Путинка, ОС 84854, Подарок учителям (по 0,3 баллов), Новелла (0,2 балла), Ровесница и Быстринка (по 0 балла). У сорта Превосходная Веньяминова на протяжении всего периода исследования не отмечено следов поражения монилиозом. Малоустойчивыми считаются сортообразцы, у которых поражение монилиозом превышает 2,0 баллов. Таковых сортообразцов обнаружено не было, но по сравнению с контролем наибольшая степень поражения отмечена у сорта Уманская скороспелка и формы ОС 84595, у которых поражение монилиозом было на уровне 1,3 балла и 1,1 баллов соответственно. При учете максимального балла поражения за весь период исследований выявлено, что у контрольного сорта Тургеневка этот показатель составил 1,1 балла. По сравнению с ними большинство сортообразцов проявили себя как более устойчивые к монилиозу, кроме сортообразцов Уманская скороспелка (поражение 3,0 балла), ОС 84595 (2,3 балла), Ostheim Griotte и ЭЛС 84847 (по 2,0 балла), Капелька (1,8 балла) (таблица 3).

Таблица 3 – Степень поражения сортообразцов вишни монилиозом, баллов

Сортообразец	2018	2019	2020	\bar{x}	Максимальный балл поражения
Тургеневка (контроль)	0,0	0,1	1,1	0,4	1,1
Бусинка	0,0	1,0	0,5	0,5	1,0
Быстринка	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Верея	0,0	0,0	1,0	0,3	1,0
Капелька	0,0	1,8	1,0	0,9	1,8
Конкурентка	0,0	0,3	1,0	0,4	1,0
Муза	0,0	0,6	1,1	0,6	1,1
Новелла	0,0	0,0	0,7	0,2	0,7
Орлица	0,0	0,0	1,0	0,3	1,0
Подарок учителям	0,0	0,0	0,9	0,3	0,9
Превосходная Веньяминова	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Путинка	0,0	0,0	1,0	0,3	1,0
Ровесница	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Уманская скороспелка	0,0	1,0	3,0	1,3	3,0
Шоколадница	0,0	0,0	1,1	0,4	1,1
Ostheim Griotte	0,0	0,5	2,0	0,8	2,0
ОС 84595	0,0	1,0	2,3	1,1	2,3
ОС 84735	0,0	0,3	1,0	0,4	1,0
ЭЛС 84847	0,0	0,5	2,0	0,8	2,0
ОС 84854	0,0	0,0	1,0	0,3	1,0
\bar{x}	0,0	0,4	1,1	0,5	1,2
НСР ₀₅		0,26			

Заключение

Таким образом, высокую степень устойчивости к коккомикозу и монилиозу среди изученных сортообразцов проявили генотипы Подарок учителям, Новелла, Быстринка. Низкую устойчивость к грибным болезням в годы эпифитотий проявил сорт Уманская скороспелка. Выделенные по устойчивости к болезням генотипы рекомендуются для

закладки вишневых насаждений и в качестве исходных форм для дальнейшего использования в селекции.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Амелин А.В., Петрова С.Н. Особенности изменений климата на территории Орловской области за последние 100 лет и их влияние на развитие растениеводства в регионе // Вестник ОрелГАУ. 2006. № 2-3. С. 76-79. EDN: [VTQKAX](#)
2. Галькова А.А., Гуляева А.А., Берлова Т.Н., Безлепкина Е.В., Ефремов И.Н. Районированные сорта абрикоса селекции ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8, № 1-2. С. 20-22. <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2021-10106>. EDN: [MIQMDU](#)
3. Горбачева Н.Г., Джигадло Е.Н., Седышева Г.А. Возможности использования в селекционной работе с вишней доноров устойчивости к коккомикозу // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. Т. 3. С. 96-100. EDN: [RIFDGF](#)
4. Гуляева А.А. Вишня и черешня. Орел: ВНИИСПК, 2015. 52 с. EDN: [XYLNPD](#)
5. Джигадло Е.Н., Колесникова А.Ф., Еремин Г.В., Морозова Т.В., Дебискаева С.Ю., Каньшина М.В., Медведева Н.И., Симагин В.С. Косточковые культуры // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 300-350. EDN: [YHAQHP](#)
6. Джигадло Е.Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России. Орел: ВНИИСПК, 2009. 268 с. EDN: [XZRAEF](#)
7. Джигадло Е.Н. Вишни, которые не болеют // Сады России. 2011. № 3. С. 14-17.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 350 с. EDN: [QLCQEP](#)
9. Егоров Е.А. Направления и приоритеты сорто-породной селекции садовых культур и винограда на юге России // Плодоводство и виноградарство юга России. 2012. № 18. С. 21-23. EDN: [PEVOMX](#)
10. Заремук Р.Ш., Говорущенко С.А. Устойчивые сорта – основа создания адаптивных насаждений вишни в Краснодарском крае // Плодоводство и ягодоводство России. 2010. Т. 24, № 2. С. 311-317. EDN: [LLLLSLV](#)
11. Копнина Т.А. Перспективные сорта и гибридные формы вишни обыкновенной // Научные труды СКФНЦСВВ. 2022. Т. 35. С. 30-33. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2022-35-30-33>. EDN: [NPFLJD](#)
12. Круглова Е.А. Болезни плодов и овощей // Студенческая наука – агропромышленному комплексу: научные труды студентов ГГАУ. Владикавказ: ГГАУ, 2017. С. 271-274. EDN: [ZTZKOL](#)
13. Кузнецова А.П., Ленивцева М.С. Выделение сортов косточковых культур (род *Prunus* L.), устойчивых к коккомикозу // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. Т. 69. С. 44-53. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-44-53>. EDN: [BEWRZG](#)
14. Лазарев А.И. Коккомикоз вишни // Защита и карантин растений. 2011. № 5. 64 с. EDN: [NQXXEZ](#)
15. Левгерова Н.С., Джигадло Е.Н. Использование вишне-черемуховых гибридов для продуктов переработки с повышенной пищевой безопасностью // Проблемы и перспективы отдаленной гибридизации плодовых и ягодных культур: тезисы докладов и сообщений. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2000. С. 64-65.
16. Ленивцева М.С., Радченко Е.Е., Кузнецова А.П. Генетическое разнообразие сортов косточковых культур (род *Prunus* L.), устойчивых к коккомикозу // Сельскохозяйственная

- биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 895-904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.895rus>. EDN: ZRXNXX
17. Мищенко И.Г. Тенденции распространения болезней косточковых культур в климатических условиях Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 29. С. 76-87. EDN: SMGFRV
 18. Насонова Г.В. Проблема борьбы с монилиозом на вишне и пути ее решения // Современное садоводство. 2017. № 3. С. 65-73. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00018>. EDN: OTYINV
 19. Никифорова Г.Г., Чмир Р.А. Использование отдаленной гибридизации для получения высокоустойчивых к коккомикозу форм вишни // Проблемы и перспективы отдаленной гибридизации плодовых и ягодных культур: тезисы докладов и сообщений. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2000. С. 38-40.
 20. Плескачевич Р.И., Берлинчик Е.Е. Защита вишни от болезней в условиях Беларуси // Плодоводство и ягодоводство России. 2010. Т. 24, № 2. С. 215-220. EDN: MSNABZ
 21. Севастьянова Л.А. Показатели зимостойкости вишни в Татарии и их использование в селекционной работе // Селекция, сортоизучение и агротехника плодово-ягодных культур. Уфа: Башкирский НИИСХ, 1981. С. 34-41.
 22. Таранов А.А., Вышинская М.Е. Формирование признаковой коллекции образцов вишни по устойчивости к коккомикозу и монилиальному ожогу // Земляробства і ахова раслін. 2012. № 4. С. 65-67. EDN: JMWISI
 23. Тихонов А.Г., Каширская Н.Я. Оценка устойчивости сортов вишни к коккомикозу основа современного дифференцированного подхода к системе защиты вишневого сада // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 38, № 2. С. 151-157. EDN: RRTIWB
 24. Leiss K.A., Young C.H., Verpoorte R., Klinkhamer P. An Overview of NMR-Based Metabolomics to Identify Secondary Plant Compounds Involved in Host Plant Resistance // *Phytochemistry Reviews*. 2011. № 10. P. 205-216. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9175-z>

References

1. Amelin, A.V., & Petrova, S.N. (2006). Features of climate change in the Oryol region over the past 100 years and their impact on the development of crop production in the region. *Vestnik OrelGAU*, 2-3, 75-78. EDN: VTQKAX (In Russian).
2. Galkova, A.A., Gulyaeva, A.A., Berlova, T.N., Bezlepina, E.V., & Efremov, I.N. (2021). Districted cultivars of apricot by RRIFCB breeding. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 8(1-2), 20-22. <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2021-10106>. EDN: MIQMDU (In Russian, English abstract).
3. Gorbacheva, N.G., Dzhigadlo, E.N., & Sedysheva, G.A. (2013). Possibilities of using donors of resistance to coccomyces in cherry breeding. *Scientific and methodological electronic journal Concept*, 3, 96-100. EDN: RIFDGF (In Russian).
4. Gulyaeva, A.A. (2015). *Cherries and sweet cherries*. Orel: VNIISPK. EDN: XYLNPД (In Russian).
5. Dzhigadlo, E.N., Kolesnikova, A.F., Eremin, G.V., Morozova, T.V., Debiskaeva, S.Y., Kanshina, M.V., Kanshina, M.V., Medvedeva, N.I., & Simagin, V.S. (1999). Stone fruit crops. In E.N. Sedov & T.P. Ogoitsova (Eds.), *Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops* (pp. 300-350). Orel: VNIISPK. EDN: YHAQHP (In Russian).
6. Dzhigadlo, E.N. (2009). *Improving selection methods, creating varieties of cherries and sweet cherries, their rootstocks with environmental adaptation to the conditions of the Central region of Russia*. Orel: VNIISPK. EDN: XZRAEF (In Russian, English abstract).
7. Dzhigadlo, E.N. (2011). Cherries that don't get sick. *Gardens of Russia*, 3, 14-17. (In Russian).

8. Dospheov, B.A. (2011). *Field experiment methodology*. Moscow: Alliance. EDN: [QLCQEP](#) (In Russian).
9. Egorov, E.A. (2012). Tendencies and priorities of sort-varieties breeding of horticultural crops and grapes in the south of Russia // *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 18, 21-23. EDN: [PEVOMX](#) (In Russian, English abstract).
10. ZaremuK, R.Sh., & Govorushchenko, S.A. (2010). Resistant varieties are the basis for creating adaptive cherry plantings in the Krasnodar region. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 24(2), 311-317. EDN: [LLLLSLV](#) (In Russian).
11. Kopnina, T.A. (2022). Promising varieties and hybrid forms of sour cherry. *Scientific Works of NCFSCHVW*, 35, 30-33. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2022-35-30-33>. EDN: [NPFLJD](#) (In Russian, English abstract).
12. Kruglova, E.A. (2017). Diseases of fruits and vegetables. In *Student science to the agro-industrial complex: scientific works* (pp. 271-274). Vladikavkaz: GSAU. EDN: [ZTZKOL](#) (In Russian).
13. Kuznetsova, A.P., & Lenivtseva, M.S. (2021). Selection of varieties of stone fruit crops (genus *Prunus* L.), resistant to leaf spot. *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 69, 44-53. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-44-53>. EDN: [BEWRZG](#) (In Russian, English abstract).
14. Lazarev, A.I. (2011). Cherry leaf spot. *Plant protection and quarantine*, 5, 64. EDN: [NQXXEZ](#) (In Russian, English abstract).
15. Levgerova, N.S., & Dzhigadlo, E.N. (2000). The use of cherry-cherry hybrids for processed products with increased food safety. In *Problems and prospects for remote hybridization of fruit and berry crops: abstracts of reports and messages* (pp. 64-65). Michurinsk: ARRIG&BFP. (In Russian).
16. Lenivtseva, M.S., Radchenko, E.E., & Kuznetsova, A.P. (2017). Genetic diversity of stone fruit varieties (genus *Prunus* L.) resistant to leaf spot. *Agricultural biology*, 52(5), 895-904. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.895rus>. EDN: [ZRXNXX](#) (In Russian, English abstract).
17. Mishchenko, I.G. (2014). Tendencies of spreading of diseases of fruit stone cultures under climatic conditions of Krasnodar region. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*, 29, 76-87. EDN: [SMGFRV](#) (In Russian, English abstract).
18. Nasonova, G.V. (2017). Problem of combating brown rot on cherry and its solution. *Contemporary horticulture*, 3, 65-73. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00018>. EDN: [OTYINV](#) (In Russian, English abstract).
19. Nikiforova, G.G., & Chmir, R.A. (2000). The use of distant hybridization to obtain forms of cherry that are highly resistant to coccomycosis. In *Problems and prospects for remote hybridization of fruit and berry crops: abstracts of reports and messages* (pp. 38-40). Michurinsk: ARRIG&BFP. (In Russian).
20. Pleskatsevich, R.I., & Berlinchik, E.E. (2010). Protection of cherries from diseases in the conditions of Belarus. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 24(2), 215-220. EDN: [MSNABZ](#) (In Russian, English abstract).
21. Sevastyanova, L.A. (1980). Indicators of winter hardiness of cherries in Tatarstan and their use in breeding work. In *Breeding, variety study and agricultural technology of fruit and berry crops* (pp. 34-41). Ufa: Bashkir NIISH. (In Russian).
22. Taranov, A.A., & Vyshinskaya, M.E. (2012). Formation of a characteristic collection of cherry samples for resistance to coccomycosis and monilial blight. *Agriculture and plant protection*, 4, 65-67. EDN: [JMWISI](#) (In Russian).

23. Tikhonov, A.G., & Kashirskaya, N.Ya. (2014). Assessment of the resistance of cherry varieties to coccomycosis is the basis of a modern differentiated approach to the cherry orchard protection system. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 38(2), 151-157. EDN: RRTIWB (In Russian).
24. Leiss, K.A., Young, C.H., Verpoorte, R., & Klinkhamer, P. (2011). An Overview of NMR-Based Metabolomics to Identify Secondary Plant Compounds Involved in Host Plant Resistance. *Phytochemistry Reviews*, 10, 205-216. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9175-z>

Авторы:

Игорь Николаевич Ефремов, научный сотрудник лаборатории селекции и сортоизучения косточковых культур ФГБНУ ВНИИСПК, efremov@orel.vniispk.ru
SPIN: [9218-2433](#) ORCID: [0000-0001-5912-7952](#)

Александра Алексеевна Гуляева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и сортоизучения косточковых культур ФГБНУ ВНИИСПК, gulyaeva@orel.vniispk.ru
SPIN: [2792-8826](#) ORCID: [0000-0002-5528-0981](#)

Татьяна Николаевна Берлова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и сортоизучения косточковых культур ФГБНУ ВНИИСПК, efremov@orel.vniispk.ru
SPIN: [4834-6505](#)

Анна Александровна Галькова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и сортоизучения косточковых культур ФГБНУ ВНИИСПК, galkova@orel.vniispk.ru
SPIN: [5305-1768](#)

Authors details:

Igor Efremov, researcher in the laboratory of breeding and variety study of stone fruit crops of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), efremov@orel.vniispk.ru
SPIN: [9218-2433](#) ORCID: [0000-0001-5912-7952](#)

Alexandra Gulyaeva, PhD in Agriculture, leading researcher, head of the laboratory of breeding and variety study of stone fruit crops of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), gulyaeva@orel.vniispk.ru
SPIN: [2792-8826](#) ORCID: [0000-0002-5528-0981](#)

Tatyana Berlova, junior researcher in the laboratory of breeding and variety study of stone fruit crops of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), efremov@orel.vniispk.ru
SPIN: [4834-6505](#)

Anna Galkova, junior researcher in the laboratory of breeding and variety study of stone fruit crops of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), galkova@orel.vniispk.ru
SPIN: [5305-1768](#)

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в публикации.

УДК 634.11:631.811.3:631.81.033

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ В ПОЧВЕ И ЛИСТЬЯХ ЯБЛОНИ В СВЯЗИ С НАГРУЗКОЙ УРОЖАЕМ

А.В. Кушнер¹ , А.И. Кузин^{1,2,3}

¹ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина», 393774, ул. Мичурина, 30, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, info@fnc-mich.ru

²ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», 393760, ул. Интернациональная, 101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, info@mgau.ru

³ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», 392036, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, post@tsutmb.ru

Аннотация

Оптимальное обеспечение растений калием является необходимым условием формирования урожая плодов. Потребность яблони в калии неодинакова в течение вегетации. Целью исследований было изучение динамики содержания калия в почве и листьях с учетом нагрузки растений урожаем. Исследования проводились в условиях Тамбовской области, в интенсивном саду яблони на привойно-подвойной комбинации Лигол/63-396 в течение 3 лет (2020...2022 гг.). Схема размещения растений 4,5 × 1,2 м (1852 дерева на 1 га). На фоне внесения одной нормы азота и фосфора изучали динамику содержания калия в листьях и в почве в зависимости от нагрузки урожаем при различных дозах калийных удобрений. Содержание обменного калия в почве в течение сезона снижалось в период налива и созревания урожая, особенно в вариантах с высокой урожайностью (в 2020 N₂₀P₆K₂₆ – с 133,4 до 115,5 мг/кг почвы, а в 2021 в N₂₀P₆K₃₀ – с 138,5 до 122,1 мг/кг почвы). Содержание калия в листьях также заметно снижалось в период роста и развития плодов. На второй год исследований при внесении максимальной нормы калия K₃₀ в почву содержание нутриента в листьях варианта N₂₀P₆K₃₀ было ниже (13.08.21 – 1,16 % с.в.; 23.09.21 – 1,01 % с.в.), чем при внесении в почву нормы K₂₆ (13.08.21 – 1,26 % с.в.; 23.09.21 – 1,19 % с.в.). В 2021 году в варианте N₂₀P₆K₃₀ урожайность составила 13,4 т/га, которая была значительно выше, чем в варианте N₂₀P₆K₂₆ (11,3 т/га), однако в 2022 году максимальная урожайность была отмечена в варианте N₂₀P₆K₂₆ (16,8 т/га). Для поддержания оптимального уровня содержания калия в корнеобитаемом слое почвы и в листьях необходимо формировать программу фертигации не только с учетом почвенно-растительной диагностики, но и актуальной нагрузки урожаем.

Ключевые слова: содержание обменного калия в почве, содержание калия в листьях, норма внесения удобрений, фертигация, урожайность

SEASONAL CHANGES OF POTASSIUM CONTENT IN SOIL AND APPLE LEAVES DUE TO CROP LOAD

A.V. Kushner¹ , A.I. Kuzin^{1,2,3}

¹I.V. Michurin Federal Scientific Centre, Michurina st., 30, Michurinsk, Tambov region, Russia, info@fnc-mich.ru

²Michurinsk State Agrarian University, Internatsionalnaya st., 101, Michurinsk, Tambov region, Russia, info@mgau.ru

³Derzhavin Tambov State University, Internatsionalnaya st., 33, Tambov, Russia, post@tsutmb.ru

Abstract

Optimal potassium supply is a necessary condition for good yields. The need for apple trees in potassium is not the same during the growing season. Our research was aimed to study the seasonal changes of the leaf potassium contents, even considering the crop load. The studies were

conducted within 3 years (2020...2022) in the Tambov region, in the high-density apple orchard with the Ligol cultivar, grafted on the rootstock B396. Plant pattern was 4.5 × 1.2 m (1852 trees/ha). The nitrogen and phosphorus fertilizers were applied with a same rate in experimental treatments. Based on this, we studied the effect of various potassium rates on the seasonal changes of the soil and potassium contents, and yield. The content of soil exchangeable potassium during the season decreased in the period of fruit development, especially in the treatments with high yields (in 2020: N₂₀P₆K₂₆ from 133.4 to 115.5 mg/kg soil, in 2021: N₂₀P₆K₃₀ from 138.5 to 122.1 mg/kg soil). The leaf potassium contents significantly decreased during the fruit development depending on crop load. In the second year of study, when the maximum rate of potassium K₃₀ was applied, the leaf nutrient contents in the N₂₀P₆K₃₀ treatments were lower (13.08.21 – 1.16 % dry matter). In 2021, in the N₂₀P₆K₃₀ treatment, the yield was 13.4 t/ha, which was significantly higher than in the N₂₀P₆K₂₆ (11.3 t/ha), however, in 2022, the maximum yield was noted in the N₂₀P₆K₂₆ treatment (16.8 t/ha). To manage the optimal level of potassium content in the soil root layer and in the leaves, it is necessary to develop a fertigation program based both on soil and plant tests and the current crop load.

Key words: soil exchangeable potassium content, leaf potassium content, fertilizer application rate, fertigation, yield

Введение

Калий играет чрезвычайно важную роль в жизни растительных организмов. В частности, он участвует в фотосинтезе, дыхании, транспирации, обмене и транспорте веществ в растении и во многих других функциях (Hou et al., 2019; Nieves-Cordones et al., 2016). Среди других элементов питания калий занимает особое место, т.к. он, оказывая большое влияние на процессы роста и развития, не входит в состав молекул органических веществ в растениях и практически не образует соединений с ковалентными связями в растительных организмах. Таким образом, в жизнедеятельности яблони значение калия очень велико, но при этом он очень важен для формирования урожая (Cheng, 2013).

Основным источником калийного питания является почва. В условиях разного обеспечения другими макроэлементами может изменяться и поглощение калия растениями яблони. Следует обратить внимание на тот факт, что за длительное время исследований не сложилось единого мнения о нормах внесения калия и о его влиянии на урожайность яблони (Szewczuk et al., 2008). Тем не менее роль калия в формировании урожая яблони представляется очевидной, но следует продолжать работу по уточнению норм внесения и подходов к организации калийного питания яблони (Kuzin, Solovchenko, 2021). Завышение норм внесения калийных удобрений может обеспечить повышение уровня содержания обменного калия в почве, но при этом не происходит увеличения продуктивности и калийного статуса деревьев (Roeva et al., 2022). В то же время, это может приводить к увеличению кислотности почвы и загрязнению грунтовых вод избыточным количеством удобрений.

В литературе есть много сообщений о значительных изменениях содержания калия в листьях под влиянием нагрузки урожаем (Sadowski et al., 1995; Kuzin et al., 2020). Основная потребность в поглощении калия начинается в процессе роста и развития плодов (Cheng, 2013). По нашим данным, полученным ранее, в этот период снижается его содержание в листьях, и он за счет высокой подвижности в растениях транспортируется в плоды (Кузин, Трунов, 2016). В существующих рекомендациях в России приводится уровень содержания калия в листьях 1,3...1,5 % с.в. при отборе на анализ примерно через 90 дней после распускания почек, что в условиях Центральной России приходится на конец июля – начало августа (Церлинг, 1990). L. Cheng (2013) приводит данные Stiles и Ride – 1,35...1,85 %.

Так как калий в той или иной степени участвует практически во всех процессах жизнедеятельности, то чрезвычайно важно рассмотреть проблемы обеспеченности калием в различные фазы вегетации, тем более, что фертигация позволяет снабжать растение необходимым количеством калия дифференцированно. Следует также учитывать, что поскольку калий является очень подвижным элементом в растении, то далеко не всегда содержание в листе соответствует актуальному поглощению его корнями. Поэтому проблема динамики содержания калия в течение сезона вегетации является весьма значимой. Целью наших исследований было изучение динамики содержания калия в листьях и в почве на фоне внесения одной нормы азота и фосфора в зависимости от нагрузки урожаем при различных дозах калийных удобрений.

Материалы и методы

Исследования проводились в экспериментальном саду «Федерального научного центра имени И.В. Мичурина» в 2020...2021 гг. Деревья яблони сорта Лигол, привитые на подвой 62-396, были высажены в 2018 году по схеме 1,4 × 4,5 м (1852 дер./га), сад оборудован системой капельного орошения. Содержание почвы: междурядья – черный пар, приствольные полосы – гербицидный пар. Схема опыта: в 2020 году – Контроль $N_{16}P_5K_0$ (K0), $N_{16}P_5K_{18}$ (K1), $N_{16}P_5K_{22}$ (K2), $N_{16}P_5K_{26}$ (K3); в 2021 году по результатам почвенно-лиственной диагностики норма удобрений была увеличена – Контроль $N_{20}P_6K_0$ (K0), $N_{20}P_6K_{20}$ (K1), $N_{20}P_6K_{26}$ (K2), $N_{20}P_6K_{30}$ (K3). В 2022 вносили такое же количество удобрений, как и в предшествующем. Удобрения вносили через систему капельного орошения, норма внесения была разбита на 10 фертигационных поливов в соответствии с фенологическими фазами развития растений. Удобрения вносили в следующие сроки: выдвигание соцветий, начало цветения, плод «лещина», плод «грецкий орех», плод 40...45 мм, плод 50...55 мм, плод 55...60 мм, плод 60...65 мм, плод 65...70 мм; появление типичной сортовой окраски. Фертигационные поливы проводили в соответствии с потребностями растений в основных элементах питания: основное количество азота вносили в мае-июне, фосфора – в мае, калия – в июне-августе. В наиболее засушливые периоды проводили поливы без внесения питания (5...10 м³/га). В опытах вносили аммиачную селитру, монофосфат калия, а также фертигаторы линейки Solar: Старт 15:30:15 + 2MgO + 2S + 0,02B + 0,01Cu + 0,1Fe + 0,05Mn + 0,01Mo + 0,01Zn; Универсал 18:18:18 + 3MgO + МЭ; Финиш 12:6:36 + 2,5MgO + МЭ.

Опыт был выполнен в 4-кратной повторности по 15 деревьев в каждой. Все варианты, включая контроль, обрабатывались фоновой системой некорневых подкормок, которая включала 2 обработки агрохимикатом Биостим Рост (розовый бутон, орех лещина) и 7 обработок агрохимикатом Ультрамаг кальция (розовый бутон, начало цветения, «орех лещина», «грецкий орех», плод 50...60 мм, плод 60...70 мм и за 10 дней до съема). Почва опытного участка – лугово-черноземная выщелоченная тяжелосуглинистая на песке с псевдофибрилами, содержание гумуса – 2,2...2,4 %. Глубина гумусового горизонта составляет около 40...50 см. Кислотность почвы опытных делянок – pH_{KCl} – 5,0...5,7 в слое 0...40 см. Содержание легкогидролизуемого азота (N) в слое почвы 0...40 см составляет 126,1...182,5 мг/кг, доступного фосфора (P) 104,9...123,6 и обменного калия (K) – 166,1...191,3 мг/кг. В течение вегетации по 5 раз отбирали пробы листьев и почвы. Пробы почвы отбирали в слое 0...40 см, на расстоянии 15...20 см от штамбов деревьев и в пределах 20...30 см от капельницы. Обменные формы калия извлекали раствором уксусной кислоты 0,5 моль/л по методу Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО. В листьях определяли содержание валового калия (на пламенном фотометре ФПА-2.01, Россия). В 2020...2021 гг. пробы листьев и почвы отбирали 5 раз в течение сезона вегетации, в 2022 году – только один раз 05.09.2022.

Температурные условия в период исследований (таблица 1) и сведения об осадках

(таблица 2) представлены Мичуринской метеорологической станцией.

Таблица 1 – Среднемесячная температура воздуха (°С) в вегетационные периоды 2020 и 2021 гг.

Месяцы	Средне­много­летние значения (1969...2019 гг.)	Годы					
		2020		2021		2022	
		Температура	Вариация	Температура	Вариация	Температура	Вариация
Апрель	6,8	6,6	-0,2	8,8	2,0	9,5	2,7
Май	14,9	13,4	-1,5	16,5	1,6	11,9	-3,0
Июнь	19,4	20,7	1,3	21,5	2,1	20,6	1,2
Июль	18,2	21,6	3,4	23,9	5,7	21,8	3,6
Август	18,1	19,5	1,4	23,4	5,3	23,7	5,6
Сентябрь	12,3	15,8	3,5	11,7	-0,6	11,7	-0,6
Октябрь	5,6	9,8	4,2	6,4	0,8	8,0	2,4
Среднее	13,5	15,3	1,8	16,0	2,5	15,3	1,8

Таблица 2 – Ежемесячные осадки в вегетационные периоды 2020 и 2021 гг.

Месяцы	Средне­много­летние значения (1969...2019)	Годы					
		2020		2021		2022	
		Осадки, мм	% средне­много­летней нормы	Осадки, °С	% средне­много­летней нормы	Осадки, °С	% средне­много­летней нормы
Апрель	37,8	21,0	55,6	50,4	133,3	52,4	138,6
Май	51,3	77,2	150,5	74,4	145,0	44,8	87,3
Июнь	52,4	32,2	61,5	37,4	71,4	47,2	90,1
Июль	66,7	27,4	41,1	8,2	12,3	79,4	119,0
Август	60,8	8,0	13,2	32,0	52,6	23,0	37,8
Сентябрь	50,2	16,2	32,3	59,6	118,7	121,0	241,0
Октябрь	56,4	30,4	53,9	22,8	40,4	83,6	148,2
Среднее	53,7	30,3	56,4	40,7	75,8	64,5	120,1

В почве определяли содержание обменного калия на пламенном фотометре (ФПА-2.01, Россия) (Минеев и др., 2001). Статистическую обработку результатов исследований проводили по методу Фишера в изложении Б.А. Доспехова (1985).

Результаты и их обсуждение

Содержание обменного калия в почве в год внесения практически не различалось по вариантам опыта, особенно при первом и втором отборе проб. В начале августа содержание обменного калия в почве увеличивалось в вариантах с применением калийных удобрений, соответственно, нормам внесения. Однако к середине августа во всех вариантах опыта содержание обменного калия в почве снижалось, что может быть следствием увеличения его поглощения для формирования плодов. Особенно заметное снижение содержания нутриента было в варианте, где не вносили калий в почву (рисунок 1).

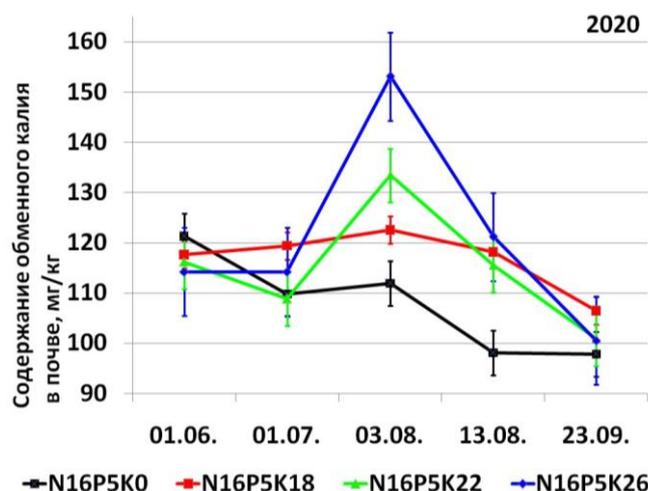


Рисунок 1 – Динамика содержания обменного калия в почве в сезоне 2020 года, мг/кг почвы

Анализ многолетних данных по обеспеченности черноземных почв калием показал, что в пахотных черноземах достаточно быстро после внесения удобрений обменные формы нутриента могут переходить в необменные (Лукин и др., 2010). В условиях неорошаемого яблоневого сада в Северной Осетии содержание обменного калия в почве с начала вегетации (максимум) снижалось к периоду налива и созревания плодов (минимум), а затем частично восстанавливалось. В данных исследованиях калий вносили однократно с заделкой в почву (Асаева и др., 2019). Фертигация обладает очевидным преимуществом, т.к. позволяет насытить верхний слой почвы калием тогда, когда потребность в нем становится максимальной в течение вегетации. В литературе отмечается тот факт, что потребление калия в период налива и созревания плодов значительно возрастает (Kuzin et al., 2020; Kuzin, Solovchenko, 2021). В нашем исследовании программа фертигации разрабатывалась только на основе мероприятий почвенно-лиственной диагностики.

Характер динамики содержания обменного калия в почве в сезоне 2021 года в целом был схожим с предшествующим годом (рисунок 2). Содержание валового калия в листьях вариантов К2 и К3 не имело существенных различий. При этом, максимальная урожайность была отмечена в К3 (таблица 3). В то же время, в варианте К0 содержание калия в листьях было значительно ниже даже на фоне низкой урожайности. Таким образом, встает вопрос о необходимости корректировки нормы внесения калия в зависимости от актуальной нагрузки урожая.

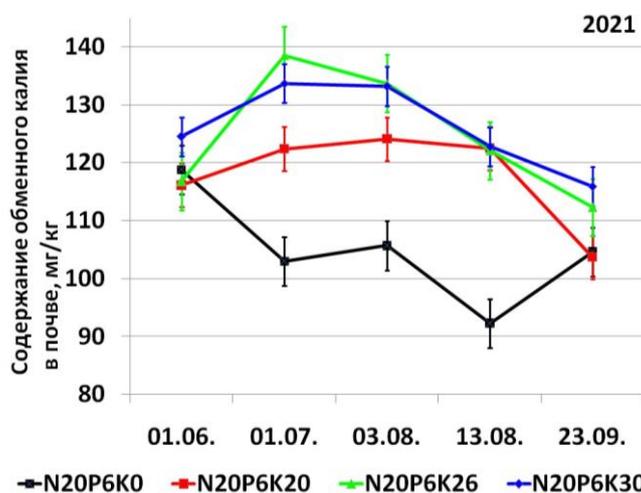


Рисунок 2 – Динамика содержания обменного калия в почве в сезоне 2021 года, мг/кг почвы

В многолетнем исследовании Н.Н. Сергеевой с соавторами (2018) по динамике содержания обменного калия в почве под монокультурой яблоневого сада без внесения удобрений в разных климатических зонах установлено, что в течение 20 лет происходило снижение содержания нутриента в почве, особенно активное при вступлении насаждений в плодоношение. Фертигация дает возможность распределить норму внесения калия по всему сезону вегетации, но при этом следует учитывать, что локальное внесение удобрений может увеличивать содержание нутриента непосредственно под капельницами до очень высокого уровня. Так, в опыте Т.Г. Фоменко с коллегами (2021) было зафиксировано содержание в 651 мг/кг почвы. Подобная локализация внесенных удобрений предполагает взвешенный подход к формированию сезонной программы фертигации с учетом обеспеченности почвы непосредственно в зоне расположения основной части корневой системы и сроков проведения фертигационных поливов.

В 2022 году влияние внесения калийных удобрений на содержание обменного калия в почве четко прослеживалось только в вариантах К1 и К3, где содержание нутриента в почве было значительно выше, чем в контроле без калийных удобрений (рисунок 3). Очевидно, что есть мощный фактор, который оказывает влияние на содержание калия в почве, помимо нормы внесения удобрений.

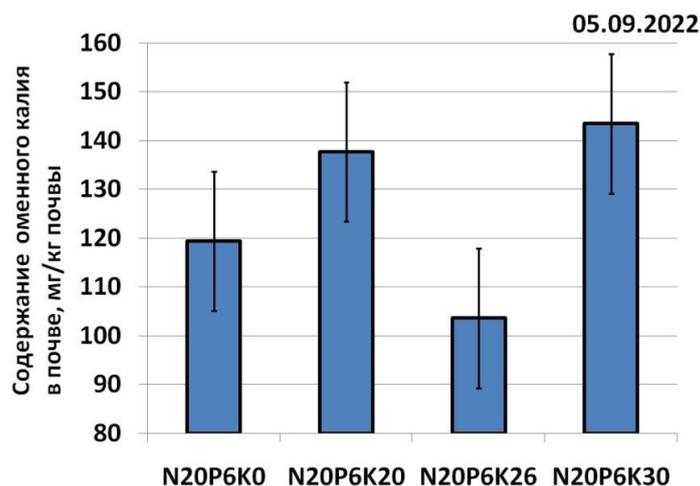


Рисунок 3 – Содержание обменного калия в почве 05.09.2022, мг/кг почвы

Динамика содержания калия в листьях в сезоне 2020 года несколько отличалась от сезонных изменений в почве (рисунок 4). В то же время, общий характер динамики содержания калия в листьях в целом соответствовал сезонным изменениям, описанным в литературе (Nachtigall, Dechen, 2006). Содержание калия в листьях растений в вариантах К0 и К2 стабильно снижалось в течение сезона и не имело существенных различий по вариантам. Но к началу августа оно было ниже, чем 1,3...1,5 % с.в. (лимиты оптимальных значений по версии В.В. Церлинг, (1990)), даже при полученной меньшей урожайности в этом году. Также не представлена связь между содержанием калия в листьях на фоне различного содержания нутриента в почве. Во второй половине августа – сентябре содержание калия резко снижалось во всех вариантах опыта. Основной причиной является прекращение внесения удобрений в 3-й декаде августа, но также происходил отток калия в плоды (Кузин, Трунов, 2016). Содержание калия было существенно ниже оптимального по ЦЧР по версии А.К. Кондакова (2006), однако, до середины августа было в пределах нижней границы оптимума по версии В.В. Церлинг (1990), а также предложенного нами

оптимального значения для интенсивных садов ЦЧР (Кузин, 2018). Тем не менее нами было принято решение об увеличении нормы внесения удобрений в 2021 году.

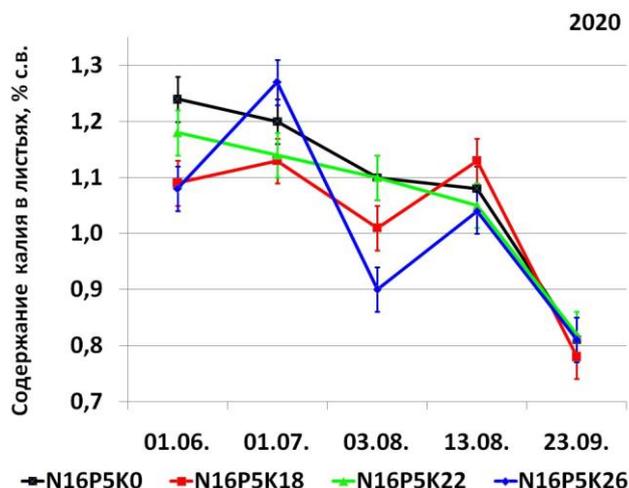


Рисунок 4 – Динамика содержания калия в листьях в сезоне 2020 года, % с.в.

В 2021 году наиболее высокие значения содержания калия в листьях были отмечены к началу июля, т.е. фактически до начала налива плодов (рисунок 5). Следует также отметить, что следствием увеличения норм внесения удобрений был рост содержания калия в листьях на эту дату. Максимальное содержание калия в листьях к началу июля было в КЗ, но в начале августа в этом варианте оно было минимальным.

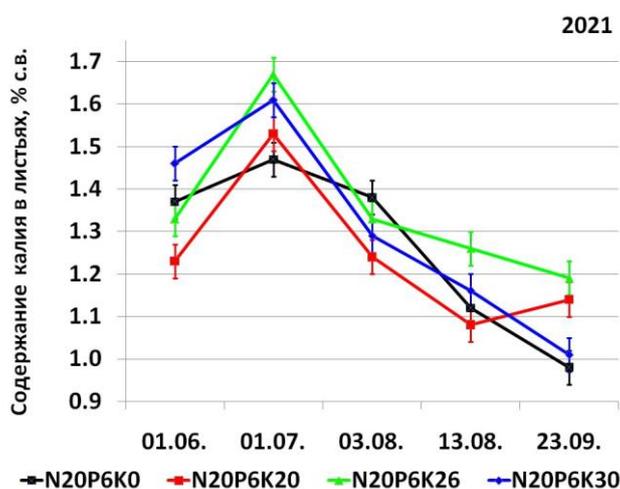


Рисунок 5 – Динамика содержания калия в листьях в сезоне 2021 года, % с.в.

Снижение содержания калия в листьях в дальнейшем происходило во всех вариантах опыта вплоть до конца сентября. В литературе есть сведения о том, что содержание калия в листьях в значительной мере зависит от погодных условий, которые определяют доступность почвенного калия (Леоничева и др., 2019). Август и сентябрь 2021 года были достаточно засушливыми, а в сентябре была снижена поливная норма, чтобы избежать растрескивания плодов. Очень низкая влажность воздуха усиливала транспирацию, а также простое подсыхание верхнего слоя почвы. А при снижении влажности почвы доступность почвенного калия снижается (Kuchenbuch et al., 1986).

В 2022 году максимальное содержание калия в листьях яблони к окончанию сезона было при минимальной норме внесения нутриента в почву в варианте К1 (рисунок 6).

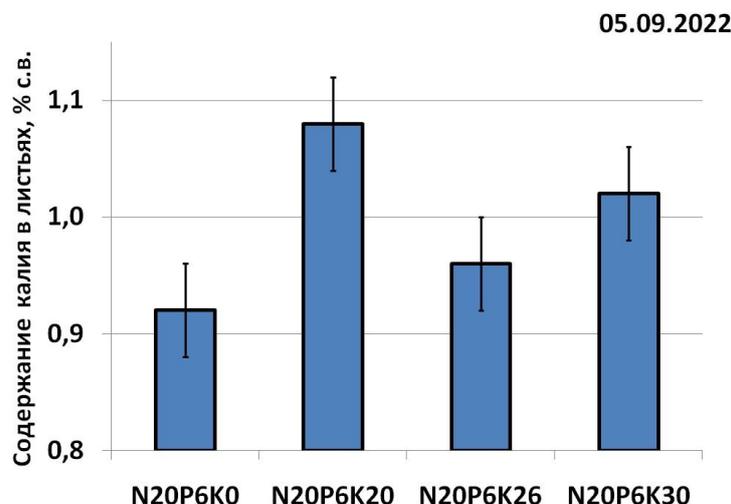


Рисунок 6 – Содержание калия в листьях 05.09.2022, % с.в.

Значительно меньше, чем в вариантах К1 и К3 содержание калия было в варианте К2 с нормой внесения нутриента 26 кг/га.

Одной из наиболее вероятных причин расхождений в содержании калия в листьях во второй половине вегетации могли быть различия в урожайности, что также изменяло потребность в калии у растений в вариантах опыта. Наибольшее внимание обращает на себя тот факт, что в варианте без внесения калия в почву прирост урожайности по сравнению с предшествующим годом был минимальным среди всех вариантов опыта.

В 2020 году внесение удобрений стимулировало увеличение урожайности только в варианте К2 (таблица 3). Т.к. полное удобрение вносили первый раз в данных насаждениях, то возможно, что именно это и было основной причиной относительно низкой эффективности удобрений в остальных вариантах опыта. Есть сообщения о том, что значимые результаты от внесения удобрений бывают только на 2-й или 3-й год (Кузин, 2004).

Таблица 3 – Урожайность, т/га

Вариант	2020	2021	2022
К0	7,1	8,1	8,9
К1	7,0	11,8	14,6
К2	9,6	11,3	16,8
К3	6,1	13,4	15,9
НСР ₀₅	1,14	1,43	1,61

В 2021 году урожайность повысилась в целом, но было очевидно, что влияние на урожайность оказывали калийные удобрения. Во всех вариантах с внесением в почву калия урожайность была значительно выше, чем при отсутствии калийных удобрений. Это подтверждается и исследованиями других авторов, в частности увеличение нормы внесения калия до 160 кг/га стимулировало увеличение урожайности у коллоновидных яблонь (Leonteva, 2021). При этом в К1 и К2 урожайность практически не различалась, при увеличении нормы внесения калия до 30 кг д.в./га урожайность была максимальной.

В 2022 году максимальная урожайность была в варианте К2 при норме внесения калия в почву 26 кг/га. Мы не обнаружили значительных различий по продуктивности с вариантом

K3 (30 кг/га), содержание калия в листьях в варианте K2 было существенно меньше, чем в K3. В то же время на фоне относительно высокой урожайности и пониженной нормы внесения удобрений содержание обменного калия в почве опытной деланки варианта K2 в 2022 году было даже ниже, чем при в варианте без внесения калийных удобрений.

Заключение

Содержание обменного калия в почве в течение сезона снижалось, несмотря на внесение удобрений. Особенно это было заметно в период налива и созревания урожая плодов. Содержание калия в листьях также заметно снижалось в процессе формирования урожая, когда возрастало потребление нутриента для развития плодов. Для поддержания оптимального уровня содержания калия в корнеобитаемом слое почвы и в листьях необходимо формировать программу фертигации не только с учетом почвенно-растительной диагностики, но и актуальной нагрузки урожаем.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Асаева Т.Д., Газданов А.В., Дзанагов С.Х. Пищевой режим чернозема выщелоченного под яблоней сорта Айдаред в зависимости от удобрений // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы конференции. Владикавказ: Горский ГАУ, 2019. С. 6-11. EDN: [DAQNMY](#)
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: [ZJQBUD](#)
3. Кондаков А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур. Мичуринск, 2006. 254 с.
4. Кузин А.И. К вопросу о листовой диагностике минерального питания саженцев яблони на слаборослых подвоях // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2004. № 1-2. С. 117-121. EDN: [WRWIGU](#)
5. Кузин А.И. Оптимизация системы удобрения яблони в интенсивных садах ЦЧР: дис. ... д-ра. с-х. наук. Мичуринск, 2018. 452 с. EDN: [POVOKB](#)
6. Кузин А.И., Трунов Ю.В. Особенности почвенно-лиственной диагностики калийного питания яблони // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 16-17. EDN: [VZSWCB](#)
7. Леоничева Е.В., Роева Т.А., Леонтьева Л.И., Столяров М.Е. Динамика калия в системе «плоды-листья-побеги яблони» при использовании некорневых подкормок // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 9. С. 39-46. EDN: [IQKGGV](#)
8. Лукин С.В., Васенев И.И., Цыгуткин А.С. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в черноземах западной части ЦФО // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 8. С. 42-46. EDN: [MUIPJ](#)
9. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большеева Т.Н., Гомонова Н.Ф., Дурынина Е.П., Егоров В.С., Егорова Е.В., Едемская Н.Л., Карпова Е.А., Прижукова В.Г. Практикум по агрохимии. М.: МГУ, 2001. 689 с. EDN: [SDGGCT](#)
10. Сергеева Н.Н., Савин И.Ю., Трунов Ю.В., Драгавцева И.А., Моренец А.С. Многолетняя динамика агрохимических свойств черноземов под яблоневыми садами // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. № 93. С. 21-39. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-93-21-39>. EDN: [XWPLRZ](#)
11. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Черников Е.А., Дрыгина А.И., Лебедевский И.А., Узловатый Д.В., Мязина А.Н. Миграция биогенных элементов в черноземе типичном при фертигации

- плодовых насаждений // Агрохимия. 2021. № 3. С. 60-70. <https://doi.org/10.31857/S0002188121040050>. EDN: VZEGLZ
12. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 235 с. EDN: YYCQAO
 13. Cheng L. Optimizing Nitrogen and Potassium Management to Foster Apple Tree Growth and Cropping Without Getting 'Burned' // Fruit quarterly. 2013. Vol. 21, № 1. P. 21-24. <http://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/4.Optimizing-Nitrogen-and-Potassium-Management-to-Foster-Apple-Tree-Growth-and-Cropping-Without-Getting-Burned.pdf>
 14. Hou W., Trankner M., Lu J., Yan J., Huang S., Ren T., Cong R., Li X. Interactive effects of nitrogen and potassium on photosynthesis and photosynthetic nitrogen allocation of rice leaves // BMC Plant Biology. 2019. Vol. 19. P. 302. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1894-8>
 15. Kuchenbuch R., Claassen N., Jungk A. Potassium availability in relation to soil moisture // Plant and Soil. 1986. Vol. 95. P. 221-231. <https://doi.org/10.1007/BF02375074>
 16. Kuzin A.I., Kashirskaya N.Y., Kochkina A.M., Kushner A.V. Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Central Russia during the growing season // Plants. 2020. Vol. 9, № 10. P. 1366. <https://doi.org/10.3390/plants9101366>
 17. Kuzin A., Solovchenko A. Essential role of potassium in apple and Its Implications for management of orchard fertilization // Plants. 2021. Vol. 10, № 12. P. 2624. <https://doi.org/10.3390/plants10122624>
 18. Leonteva L. Influence of mineral fertilizers on potash nutrition and productivity of columnar apple // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. P. 03011. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603011>
 19. Nachtigall G.R., Dechen A.R. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees // Scientia Agricola. 2006. Vol. 63, № 5. P. 493-501. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500012>
 20. Nieves-Cordones M., Al Shiblawi F.R., Sentenac H. Roles and transport of sodium and potassium in plants // The Alkali Metal Ions: Their Role for Life. Metal Ions in Life Sciences / editors A. Sigel, H. Sigel, R. Sigel. Cham: Springer, 2016. Vol. 16. P. 291-324. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21756-7_9
 21. Roeva T., Leonicheva E., Leonteva L., Stolyarov M. Potassium dynamics in orchard soil and potassium status of sour cherry affected by soil nutritional conditions // Central European Agriculture. 2022. Vol. 23, № 1. P. 103-113. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.1.3313>
 22. Sadowski A., Kepka M., Lenz F., Engel G. Effect of fruit load on leaf nutrient content of apple trees // Acta Horticulturae. 1995. Vol. 383. P. 67-71. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.383.7>
 23. Szewczuk A., Komosa A., Gudarowska E. Effect of soil potassium levels and different potassium fertilizer forms on yield and storability of 'Golden delicious' apples // Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus. 2008. Vol. 7, № 2. P. 53-59. <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/3690/2504>

References

1. Aseva, T.D., Gazdanov, A.V., & Dzanagov, S.Kh. (2019). The nutritional regime of leached chernozem under the apple cv. Idared, depending on fertilizers. In: *Development prospects for the agro-industrial complex in modern conditions: proc. sci. conf.* (pp. 6-11). Vladikavkaz: Gorsk State Agrarian University. EDN: DAQNMY (In Russian)
2. Dospikhov, B.A. (1985). *Method of field experiment*. Moscow: Agropromizdat. EDN: ZJQBUD (In Russian).
3. Kondakov, A.K. (2006). *Fertilization of fruit trees, berries, nurseries and flower crops*. Michurinsk. (In Russian).

4. Kuzin, A.I. (2004). About the problem of leaf diagnostics of mineral nutrition of apple seedlings on weak vigor rootstocks. *The Bulletin of Michurinsk state agrarian university*, 1-2, 117-121. EDN: [WRWIGU](#) (In Russian, English abstract).
5. Kuzin, A.I. (2018). *Apple fertilizing system optimization in CChR (Agri. Sci. Doc. Thesis)*. Michurinsk state agrarian university. EDN: [POVOKB](#) (In Russian).
6. Kuzin, A.I., & Trunov, Yu.V. (2016). Specific features of soil-leafy diagnostics for potassium nutrition of apple tree. *Vestnik of the russian agricultural science*, 1, 16-17. EDN: [VZSWCB](#) (In Russian, English abstract).
7. Leonicheva, E.V., Roeva, T.A., Leonteva, L.I., & Stolyarov, M.E. (2019). Potassium dynamics in the “apple fruit - leaves - shoots” system at foliage spraying application. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 9, 39-46. EDN: [IQKGGV](#) (In Russian, English abstract).
8. Lukin, S.V., Vasenev, I.I., & Tsygutkin, A.S. (2010) Agroecological evaluation of exchangeable potassium long-term dynamics in Chernozems at the Western part of Central chernozemic region of Russia. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*, 8, 42-46. EDN: [MUPIJP](#) (In Russian, English abstract).
9. Mineev, V.G., Sychev, V.G., Ameljanchik, O.A., Bolysheva, T.N., Gomonova, N.F., Durykina, E.P., Egorov, B.C., Egorova, E.V., Edemskaja, N.L., Karpova, E.A., & Prizhukova, V.G. (2001). *Agrochemical practicum*. Moscow: MSU. EDN: [SDGGCT](#) (In Russian).
10. Sergeeva, N.N., Savin, I.Yu., Trunov, Yu.V., Dragavceva, I.A., & Morenec, A.S. (2018). The long-term dynamics of chernozems agro-chemical properties under apple orchards. *Dokuchaev soil bulletin*, 93, 21-39. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-93-21-39>. EDN: [XWPLRZ](#) (In Russian, English abstract).
11. Fomenko, T.G. Popova, V.P., Chernikov, E.A., Drygina, A.I., Lebedovskij, I.A., Uzlovatyj, D.V., & Mjazina, A.N. (2021). Migration of biogenic elements in Chernozem typical of fruit orchards fertigation. *Agrohimia*, 3, 60-70. <https://doi.org/10.31857/S0002188121040050>. EDN: [VZEGLZ](#) (In Russian, English abstract).
12. Tserling, V.V. (1990). *Diagnostics of agricultural crop nutrition*. Moscow: Agropromizdat. EDN: [YYCQAO](#) (In Russian).
13. Cheng, L. (2013). Optimizing Nitrogen and Potassium Management to Foster Apple Tree Growth and Cropping Without Getting ‘Burned’. *Fruit quarterly*, 21, 21-24. <http://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/4.Optimizing-Nitrogen-and-Potassium-Management-to-Foster-Apple-Tree-Growth-and-Cropping-Without-Getting-Burned.pdf>
14. Hou, W., Trankner, M., Lu, J., Yan, J., Huang, S., Ren, T., Cong, R., & Li, X. (2019). Interactive effects of nitrogen and potassium on photosynthesis and photosynthetic nitrogen allocation of rice leaves. *BMC Plant Biology*, 19, 302. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1894-8>
15. Kuchenbuch, R., Claassen, N., & Jungk, A. (1986). Potassium availability in relation to soil moisture. *Plant and Soil*, 95, 221-231. <https://doi.org/10.1007/BF02375074>
16. Kuzin, A.I., Kashirskaya, N.Y., Kochkina, A.M., & Kushner, A.V. (2020). Correction of potassium fertigation rate of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Central Russia during the growing season. *Plants*, 9(10), 1366. <https://doi.org/10.3390/plants9101366>
17. Kuzin, A., & Solovchenko, A. (2021). Essential role of potassium in apple and its implications for management of orchard fertilization. *Plants*, 10(12), 2624. <https://doi.org/10.3390/plants10122624>
18. Leonteva, L. (2021). Influence of mineral fertilizers on potash nutrition and productivity of columnar apple. *BIO Web of Conferences*, 36, 03011. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603011>
19. Nachtigall, G.R., & Dechen, A.R. (2006). Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. *Scientia Agricola*, 63(5), 493-501. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500012>

20. Nieves-Cordones, M., Al Shiblawi, F.R., & Sentenac, H. (2016). Roles and Transport of Sodium and Potassium in Plants. In Sigel, A., Sigel, H., & Sigel, R. (Eds), *The Alkali Metal Ions: Their Role for Life. Metal Ions in Life Sciences* (Vol. 16, pp 291-324). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21756-7_9
21. Roeva, T., Leonicheva, E., Leonteva, L., & Stolyarov, M. (2022). Potassium dynamics in orchard soil and potassium status of sour cherry affected by soil nutritional conditions. *Central European Agriculture*, 23(1), 103-113. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.1.3313>
22. Sadowski, A., Kepka, M., Lenz, F., & Engel, G. (1995). Effect of fruit load on leaf nutrient content of apple trees. *Acta Horticulturae*, 383, 67-72. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.383.7>
23. Szewczuk, A., Komosa, A., & Gudarowska, E. (2008). Effect of soil potassium levels and different potassium fertilizer forms on yield and storability of 'Golden delicious' apples. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 7(2), 53-59. <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/3690/2504>

Авторы:

Алексей Васильевич Кушнер, аспирант ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина» (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»), alexkoushner@mail.ru
SPIN: 2615-2334 ORCID: 0009-0005-7594-0413

Андрей Иванович Кузин, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина» (ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»); профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ»); профессор кафедры биологии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина» (ФГБОУ ВО «Тамбовский ГУ им. Г.Р. Державина»), andrey.kuzin1967@yandex.ru
SPIN: 1122-2680 ORCID: 0000-0002-0446-0085

Authors details:

Alexei Kushner, post graduate student in I.V. Michurin Federal Scientific Centre, alexkoushner@mail.ru
SPIN: 2615-2334 ORCID: 0009-0005-7594-0413

Andrei Kuzin, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher in I.V. Michurin Federal Scientific Centre; professor of the department for horticulture, biotechnologies and selection of agricultural crops of Michurinsk State Agrarian University; professor of the department for biology and biotechnology of Derzhavin Tambov State University, andrey.kuzin1967@yandex.ru
SPIN: 1122-2680 ORCID: 0000-0002-0446-0085

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.

УДК 634.11:664.8.03

ИЗМЕНЕНИЕ ВКУСА И МАССЫ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ НОВЫХ СОРТОВ АЛТАЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Ю.С. Гунина , Е.С. Троско

ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», 656910, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, Научный городок, 35, aniish@mail.ru

Аннотация

Изучали изменения вкуса и массы плодов яблони новых сортов алтайской селекции урожая 2019...2021 гг. при длительном хранении (до 5 месяцев). Плоды хранили при температуре +2°C и относительной влажности воздуха 85%. Первый съем осуществляли после двух месяцев хранения, последующие – через каждый месяц. Объекты исследования – плоды новых сортов яблони Чупинское и Юбилейное Калининой, и контрольный сорт Алтайское зимнее. В конце опыта, наибольшие потери средней массы плода по сравнению с первоначальным значением при закладке на хранение (10,5 г) наблюдались у плодов сорта Юбилейное Калининой – с $64,8 \pm 2,0$ до $54,3 \pm 2,5$ г. Минимальная естественная убыль массы (9,5%) отмечена у сорта Алтайское зимнее: разница по массе при закладке плодов и спустя 5 месяцев составила 7,4 г. У сорта Чупинское уменьшение массы составило 12,0% (с $58,1 \pm 1,0$ г до $53,6 \pm 2,2$ г). На момент закладки на хранение лучший вкус (на уровне 4,5...4,6 балла) отмечен у сорта Чупинское. По годам исследования значительных различий по данному показателю не отмечено для всех сортов. В процессе хранения максимальные значения показателя по сортам наблюдались в разные сроки хранения: у сорта Алтайское зимнее за весь период наблюдений происходило улучшение вкусовых характеристик плодов, достигая к окончанию хранения 4,7 балла в 2021 г. и 4,9 балла в 2019 и 2020 гг. У сорта Чупинское наилучший вкус (4,9 балла) плоды приобрели через 2...3 месяца после закладки на хранение. В дальнейшем отмечено снижение вкусовых характеристик (до 4,2 балла в 2019 г. и 3,6 балла в 2020 г. к окончанию срока хранения). Значительного улучшения вкуса плодов сорта Юбилейное Калининой в процессе хранения не отмечалось.

Ключевые слова: яблоня, *Malus domestica* Borkh., сорта, плоды, хранение, лежкость, масса, вкус

CHANGES IN THE TASTE AND WEIGHT OF FRUITS OF NEW ALTAI APPLE CULTIVARS DURING LONG-TERM STORAGE

Yu.S. Gunina , E.S. Trosko

FSBSI «Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, 35, Nauchnyy gorodok, Barnaul, Altay region, 656910, aniish@mail.ru

Abstract

The study of the maintaining the quality of fruits of Altai apple cultivars (the harvest of 2019—2021) presents the results of changes in the mass and taste of fruits during the long-term storage (up to 5 months). The fruits were stored in a refrigerator at a temperature of +2°C and a relative humidity of 85%. The first estimation was carried out after two months of storage, then it was every month. The objects of the study were the fruits of new Altai apple cultivars Chupinskoye and Yubileynoye Kalininoy; Altayskoye Zimneye was taken as control. At the end of the experiment the largest weight loss compared to the initial value during storage (10.5 g) was shown by

Yubileynoye Kalininoy – from 64.8 ± 2.0 to 54.3 ± 2.5 g. Altayskoye Zimneye showed the minimal natural loss (9.5%): the difference in the weight between the beginning of the 5-month storage period and the end was 7.4 g. The decrease in the weight of apples of Chupinskoye was 12.0% (from 58.1 ± 1.0 g to 53.6 ± 2.2 g). At the beginning of the storage, the best taste (at the level of 4.5–4.6 points) was noted in Chupinskoye. No significant differences in this indicator were noted for all cultivars during the years of study. The maximum values of the indicator for the cultivars were observed at different storage periods: Altayskoye Zimnee showed an improvement in taste characteristics during the entire period of observation reaching 4.7 points in 2021 and 4.9 points in 2019 and 2020, by the end of storage. Chupinskoye acquired the best taste (4.9 points) 2–3 months after the beginning of storage. A decrease in taste characteristics was noted further (within up to 5 months the level dropped to 4.2 points in 2019 and 3.6 points in 2020). No significant improvement in the taste of fruits of Yubileynoye Kalininoy during the storage period was noted.

Key words: apple, *Malus domestica* Borkh., cultivars, fruits, storage, keeping capacity, weight, taste

Введение

Яблоня является основной среди плодовых культур северных зон, как в промышленных садах, так и в садах садоводов-любителей. Высокие адаптационные способности, по сравнению с другими плодовыми культурами, позволили ей занять широкий ареал по всему миру (Козловская, 2021). Культура яблони универсальна, благодаря разнообразию сортов по срокам созревания, возможности использования плодов для переработки (соки, пюре, компоты, желе и пр.) и потребления свежих яблок вне сезона (Егоров и др., 2021).

В плодах яблони содержатся макро- и микронутриенты, которые способствующие усвояемости белков и минеральных солей, а также необходимые организму органические кислоты, пектин, клетчатка, фенольные соединения, витамины группы В, биотин, пантотеновую и фолиевую кислоты. Аскорбиновая кислота и Р-активные вещества взаимно повышают усвояемость друг друга (Андреева, Бобровиц, 2020).

Работа по селекции яблони на устойчивость к болезням, зимостойкость, раннеспелость, лежкость плодов и др. направления ведется сотрудниками отдела НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко Федерального Алтайского научного центра агроботехнологий с 1934 г. (Калинина и др., 2010). За этот период в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, включено 52 сорта яблони алтайской селекции. Среди новых сортов яблони, включенных в реестр в 2022 г., стали сорта осеннего срока созревания Чупинское и Юбилейное Калининой.

Наряду со многими значимыми направлениями в селекции яблони приоритетное значение для потребителя имеет создание сортов с повышенным качеством плодов – вкус до 4,5...5,0 баллов, масса плода до 80,0 г (Седов и др., 2007). Калининой И.П. отмечено, что создание крупноплодных алтайских сортов яблони одна из наиболее сложных задач ввиду наличия генов *M. pallasiana* Juz. и *M. prunifolia* (Willd.) Borkh., передающих потомству мелкоплодие. Помимо крупноплодности, важным показателем является выравненность плодов по размеру, что важно при закладке плодов на хранение, т.к. в процессе хранения плоды претерпевают ряд изменений, в том числе и естественную убыль массы. В плодах разного размера в пределах одной партии процессы дозревания протекают неравномерно (Причко и др., 2019).

Вкус плодов – наиболее важный признак, без которого невозможна характеристика сорта. Он определяется количественным сочетанием сахаров и кислот в плодах, а также наличием или отсутствием дубильных и ароматических веществ (Калинина и др., 2010). Несмотря на

разносторонние взгляды во вкусе плодов, большее число потребителей отдают предпочтение плодам с выраженным сладким вкусом и небольшим (3,4...3,6%) содержанием органических кислот (Кичина, 2011).

Важным звеном агропромышленного комплекса является система заготовок сельскохозяйственной продукции, в которой значимым элементом является сохранение свежих плодов, во внесезонный период. Для каждого сорта характерен свой период лежкости плодов, на протяжении которого сохраняется качество плодов и их вкусовые характеристики (Бабинцева, Горб, 2017). При хранении свежих плодов неизбежны потери за счет увядания плодов, побурения кожицы или «загара» яблок, горькой ямчатости. Также неизбежны повреждения связанные с микробиологическими процессами такими как, различные виды плодовой гнили (серая, фузариозная), мумифицирование плодов (Причко и др., 2019). Влияют и физиологические процессы в период длительного хранения плодов. Это и затраты на дыхание плодов, на биохимический распад либо переход одних веществ в другие, и просто порча урожая из-за нарушения целостности покровных тканей (Кабалина др., 2020). Биологические особенности сорта и степень зрелости плодов в момент сбора также имеют немаловажное значение при хранении свежих яблок (Хоконова, 2020).

Исследования по хранению плодов яблони-полукультурки в настоящее время становятся все более актуальными. Изучение лежкости плодов различных сортов проводится как в аспектах применения для их сохранности определенных температурных и газовых режимов хранения, так и в области обработки плодов различными препаратами (Медеяева, Лисова, 2021; Абеленцев и др., 2010). Однако, наиболее важными все еще остаются сортоспецифические особенности, изучение которых является базой для дальнейших исследований.

Сортимент яблони для условий Западной Сибири сформирован сортами яблонь-полукультурок, среди которых большое количество сортов летнего и осеннего сроков созревания, т.к. для рассматриваемого региона нет районированных сортов зимнего срока созревания. Известно много работ посвященных изучению изменения массы плодов и их вкусовых характеристик в период длительного хранения, но, как правило, все исследования проводятся на сортах яблони европейской селекции (*Malus domestica* Borkh.), в редких случаях сибирской (Причко и др. 2019). Поэтому актуальным является изучение пригодности новых сортов алтайской селекции осеннего и позднее-осеннего сроков созревания к длительному хранению в аспекте сохранения качественных характеристик плодов.

В связи с этим, **целью** исследований являлось изучение изменения массы и вкуса плодов новых сортов яблони алтайской селекции при длительном хранении.

Задачи исследований: изучить динамику изменения плодов яблони и оценить вкусовые качества яблок в процессе длительного хранения (через 2, 3, 4 и 5 месяцев после закладки).

Материалы, объекты и методика исследования

Исследования проводили в 2019...2021 гг., с плодами сортов собранных на участках сортоизучения плодовых культур НИИСС. Территория сада относится к лесостепной зоне, почва на участке – чернозем выщелоченный. Растения яблони размещены на участке по схеме 6,0 × 3,0 м. Сбор плодов для исследований проводили в первой декаде сентября, отталкиваясь от биологической степени зрелости плодов (95...105 дней от цветения до созревания для сортов осеннего срока созревания), от физических и органолептических составляющих (ориентировались на основную окраску, размер, вкус и аромат плода) и делали анализ йодкрахмальной пробы. Плоды с дерева отбирали рандомизированно, из всего объема кроны.

Объекты исследования – плоды яблони новых сортов осеннего срока созревания

Алтайское зимнее (контроль), Чупинское, Юбилейное Калининой.

Сбор плодов на хранение и оценка вкусовых характеристик выполнены согласно методике изучения лежкости плодов (Седова, Гудковский, 1999). Плоды закладывали в пластиковые ящики для хранения в один слой. В опыте двенадцать повторностей, по 10 плодов в каждой.

Опытные образцы хранились в холодильной камере Danfoss при температуре +2°C и относительной влажности воздуха 85% в обычной атмосфере. При каждой ревизии снимали три повторности.

Естественная убыль определялась весовым методом. Вкусовые качества плодов оценивали по 5 бальной шкале дегустационной комиссией из 10 человек (сотрудники отдела НИИСС) методом закрытой дегустации. Учет массы плодов и оценку вкусовых характеристик сортов проводили непосредственно перед закладкой плодов на хранение и после при каждой ревизии плодов через 2, 3, 4 и 5 месяцев. Результаты исследования обработаны методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

При хранении свежих плодов биологические процессы, протекающие в них, продолжают. Сроки хранения яблок сортоспецифичны, определенное значение оказывают погодные условия в период вегетации, срок съема и условия хранения плодов. Оценка длительности хранения проводится до появления признаков перезревания или массовой порчи плодов (Butkeviciute, Janulis, 2022).

Сложные многоступенчатые процессы накопления питательных веществ при росте и созревании плодов во время хранения сменяются процессами их распада и потребления на дыхание. Плоды подвергаются как качественным изменениям (меняется окраска, размер, аромат, консистенция мякоти), так и изменению химического состава плодов (Лисина и др., 2010).

В наших исследованиях средняя масса одного плода при закладке на хранение варьировала от 52,4 г у сорта Юбилейное Калининой в 2021 г. до 83,5 г у сорта Алтайское зимнее в 2020 г. (таблица 1). При сравнении этого показателя по трем годам проведения эксперимента отмечено, что наименьшая масса плода у исследуемых сортов наблюдалась в 2021 г.

При первой ревизии плодов, через 2 месяца хранения, естественная убыль массы плода в среднем по годам составила от 3,9% в 2021 г. до 5,2% в 2020 г. наименьшие значения этого показателя отмечены в 2021 г. у сорта Чупинское – 3,4%. В среднем за три года исследований, в этот срок наименьшие показатели по убыли массы плода (4,2...4,3%) отмечены у сортов Чупинское и Алтайское зимнее. Наибольшие потери (до 5,7%) выявлены у сорта Юбилейное Калининой.

После трех месяцев хранения повторяются схожие закономерности, как по годам, так и по сортам. В зависимости от года закладки урожая на хранение и сорта убыль массы находилась в пределах 4,1...10,1%. В среднем за годы проведения наибольшее снижение массы (8,6%) отмечено у сорта Юбилейное Калининой, наименьшее (6,7%) – у сорта Алтайское зимнее.

По прошествии четырех месяцев, тенденция, отмеченная в предыдущий срок снятия плодов с хранения, повторяется: в среднем по годам – наименьшая убыль массы плодов отмечена на уровне 7,9% у контрольного сорта Алтайское зимнее, наибольшая – 11,7% у сорта Юбилейное Калининой.

После пяти месяцев хранения у сортов Чупинское и Юбилейное Калининой наблюдается значительное увеличение потерь массы плода по сравнению с потерями массы в течение

первых четырех месяцев хранения: в среднем по годам с 8,4 до 12,0% у сорта Чупинское, и с 11,7 до 16,2% – Юбилейное Калининой. Наименьшая убыль массы к этому сроку отмечена у контрольного сорта Алтайское зимнее – в среднем 9,5%.

Таблица 1 – Динамика средней массы и естественной убыли массы плодов яблони при хранении, 2019...2021 гг.

Сорт (фактор А)	Год сбора урожая (фактор В)	Средняя масса плода при закладке на хранение, г	Убыль массы (%)				Средняя масса плода после 5 месяцев хранение, г
			2 мес.	3 мес.	4 мес.	5мес.	
Алтайское зимнее (к)	2019	77,8±1,6	4,9±0,2	9,9±0,6	10,0±0,5	11,6±0,2	68,8±2,5
	2020	83,5±1,2	4,3±0,2	6,1±0,6	6,8±0,8	7,9±1,5	76,9±4,7
	2021	73,5±1,9	3,8±1,0	4,1±0,8	6,9±2,1	8,9±0,8	67,0±2,8
Чупинское	2019	58,6±1,6	4,0±0,1	6,0±0,1	8,3±0,3	12,0±0,4	51,6±3,6
	2020	63,1±0,9	5,3±0,2	8,5±0,1	8,5±0,1	12,0±0,2	55,5±0,9
	2021	52,5±1,4	3,4±0,1	-	-	-	-
Юбилейное Калининой	2019	72,5±1,9	6,5±0,2	9,6±0,5	15,9±0,8	20,0±1,5	58,0±5,7
	2020	69,4±3,7	6,1±0,3	10,1±0,6	11,7±1,6	15,9±1,3	58,4±0,4
	2021	52,4±0,7	4,4±0,3	6,1±0,4	7,4±1,1	12,6±1,3	45,8±0,9
Среднее по фактору А	Алтайское зимнее (к)	78,3±1,1	4,3±0,3	6,7±1,3	7,9±0,8	9,5±0,7	70,9±2,4
	Чупинское	58,1±1,0	4,2±0,3	7,3±0,1*	8,4±0,3*	12,0±0,3*	53,6±2,2*
	Юбилейное Калининой	64,8±2,0	5,7±0,4	8,6±0,9	11,7±1,4	16,2±1,2	54,3±2,5
Среднее по фактору В	2019	69,6±7,0	5,1±0,9	8,5±1,5	11,4±2,8	14,5±3,3	59,5±6,3
	2020	72,0±7,3	5,2±0,8	8,2±1,8	9,0±2,4	11,9±3,4	63,6±8,1
	2021	59,5±8,3	3,9±0,5	5,1±1,3	7,2±2,2	10,8±2,2	56,4±12,4
НСР ₀₅ (А, В, АВ) -		3,2	0,6	1,3	3,0	1,4	6,2

Примечание: * – среднее за два года исследований

На момент окончания опыта наибольшее снижение средней массы плода отмечалось у сорта Юбилейное Калининой. Разница составила 10,5 г (с 64,8 г – при закладке на хранение до 54,3 г – после окончания опыта). Минимальные потери массы отмечены у плодов сорта Чупинское: разница по средней массе плодов при закладке на хранение и после снятия с хранения через 5 месяцев составила 4,5 г. У плодов сорта Алтайское зимнее уменьшение массы в среднем составило 7,4 г (с 78,3 до 70,9 г). В целом, заложенные на хранение плоды теряют от одного до пяти грамм ежемесячно.

Таким образом, наименьшая естественная убыль массы плодов плодов после двух месяцев хранения отмечены у сортов Чупинское и Алтайское зимнее (4,2...4,3%), после трех, четырех и пяти месяцев – у сорта Алтайское зимнее. Сорт Юбилейное Калининой отличается наибольшими потерями массы плодов, достигающими в отдельные годы 20,0% к окончанию наблюдений.

Вкусовые качества плодов являются наиболее важной характеристикой при их использовании для потребления в свежем виде. В процессе хранения, вследствие происходящих в плодах трансформации углеводов, изменяется вкус, который определяется ароматом, содержанием и соотношением сахаров и кислот.

На момент закладки плодов на хранение лучший вкус (4,5...4,6 балла), отмечен у сорта Чупинское (таблица 2). Вкусовые качества плодов у сортов Алтайское зимнее и Юбилейное Калининой оценивались дегустаторами на 4,2...4,3 балла. По годам исследования значительных различий по данному показателю не отмечено.

Таблица 2 – Дегустационная оценка плодов яблони 2019...2021 гг., (балл)

Сорт (фактор А)	Год сбора урожая (фактор В)	Срок хранения				
		при закладке	2 мес.	3 мес.	4 мес.	5мес.
Алтайское зимнее (к)	2019	4,0±0,2	4,0±0,1	4,4±0,1	4,8±0,1	4,9±0,1
	2020	4,2±0,2	4,6±0,1	4,5±0,1	4,7±0,1	4,9±0,1
	2021	4,3±0,2	4,5±0,1	4,5±0,2	4,4±0,2	4,7±0,1
Чупинское	2019	4,5±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,5±0,1	4,2±0,2
	2020	4,5±0,2	4,9±0,1	4,5±0,3	4,5±0,1	3,6±0,3
	2021	4,6±0,1	4,7±0,2	-	-	-
Юбилейное Калининой	2019	4,2±0,2	3,6±0,2	4,1±0,2	4,0±0,1	3,8±0,2
	2020	4,2±0,2	4,0±0,2	4,3±0,2	4,3±0,1	4,1±0,1
	2021	4,3±0,2	3,9±0,3	4,1±0,1	3,9±0,3	3,6±0,2
Среднее по фактору А	Алтайское зимнее (к)	4,2±0,1	4,4±0,2	4,5±0,1	4,6±0,2	4,8±0,1
	Чупинское	4,5±0,1	4,8±0,1	4,7±0,3*	4,5±0,0*	3,9±0,4*
	Юбилейное Калининой	4,2±0,1	3,8±0,2	4,2±0,1	4,1±0,2	3,8±0,2
Среднее по фактору В	2019	4,2±0,2	4,2±0,4	4,5±0,3	4,4±0,3	4,3±0,4
	2020	4,3±0,1	4,5±0,3	4,4±0,1	4,5±0,2	4,2±0,5
	2021	4,4±0,1	4,4±0,2	4,3±0,2	4,2±0,2	4,2±0,4
НСР ₀₅	А	F _ф < F _т	0,3	0,4	0,4	0,7
	В	F _ф < F _т	0,2	F _ф < F _т	0,2	F _ф < F _т
	АВ	F _ф < F _т	0,7			

Примечание: * – среднее за два года исследований

В процессе хранения вкус плодов изменялся у всех изучаемых сортов, максимальные значения этого показателя по сортам наблюдались в разные временные интервалы. Так, у контрольного сорта Алтайское зимнее за весь период наблюдений происходило постепенное улучшение вкусовых характеристик, достигая к окончанию хранения 4,7 балла в 2021 г. и 4,9 балла в 2019 и 2020 гг.

Плоды сорта Чупинское максимальную дегустационную оценку (4,9 балла) получили через 2 месяца хранения. После третьего месяца отмечено снижение вкусовых качеств (до 4,2 балла в 2019 г. и 3,6 балла в 2020 г.). Неудовлетворительные результаты по этому сорту получены в 2021 г., когда плоды хранились только 2 месяца, что связано с нарушением температурного режима из-за кратковременной поломки холодильной камеры.

У сорта Юбилейное Калининой в процессе хранения вкусовые качества плодов не улучшались. Дегустационная оценка находилась на уровне или ниже значений при закладке эксперимента (4,2...4,3 балла). В отдельные годы (2019 и 2021) происходило ухудшение вкусовых характеристик по всем срокам учетов. Значительное ухудшение вкуса плодов (до 3,6...4,1 балла) наступало к последнему сроку наблюдений (5 месяцев) за все три года проведения исследований.

Выводы

При длительном хранении у контрольного сорта Алтайское зимнее – отмечена стабильно положительная динамика вкусовых качеств, а так же наименьшая естественная убыль массы плодов ($\pm 2\%$ ежемесячно), протекающая плавно, без резких скачков. Качество плодов сорта Чупинское улучшалось к концу второго месяца хранения и значительно ухудшалось после трех месяцев хранения, а в 2021 г. к этому сроку плоды стали несъедобными в результате перезревания, при том, что дегустационная оценка закладываемых на хранение плодов была наивысшей среди изучаемых сортов. Сорт Юбилейное Калининой показал наибольшие потери массы при хранении, при этом значительных улучшений вкуса плодов в процессе хранения не отмечено.

По результатам исследований выявлено, что оптимальный срок хранения для плодов

яблони сорта Алтайское зимнее составляет 5 месяцев, для плодов сорта Чупинское до 3 месяцев, для плодов сорта Юбилейное Калининой до 4 месяцев.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Абеленцев В.И., Подгорная М.Е., Смольякова В.М. Влияние послеуборочной обработки биопрепаратами на хранение яблок // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2010. № 4. С.105-109. EDN: [NBSAKR](#)
2. Андреева Н.В., Бобрович Л.В. Биохимический состав плодов яблони в зависимости от метеоусловий года // Инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: материалы конференции. Мичуринск: МичГАУ, 2020. С. 20-22. EDN: [KYCXLS](#)
3. Бабинцева Н.А., Горб Н.Н. Влияние садовых конструкций на длительность хранения плодов яблони (*Malus domestica* Borkh.) в предгорной зоне Крыма // Сборник научных трудов государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 144-2. С. 9-15. EDN: [ZFDFFL](#)
4. Егоров Е.А., Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., Яковенко В.В., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Критерии и особые органолептические и биохимические показатели яблок и земляники, характеризующих их производство в почвенно-климатических условиях Краснодарского края («Кубанское яблоко», Кубанская земляника): Методические рекомендации. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. 115 с. EDN: [BUXAZW](#)
5. Кабалина Д.В., Першакова Т.В., Лисовой В.В., Морарь В.А. Разработка технологии подготовки яблок к краткосрочному хранению и их хранение в условиях искусственного охлаждения // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63. С. 307-317. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-307-317>. EDN: [VKRHSX](#)
6. Калинина И.П., Яцемская З.С., Макаренко С.А. Селекция яблони на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышенное качество плодов на юге Западной Сибири. Новосибирск, 2010. 272 с. EDN: [EVNIUG](#)
7. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. М., 2011. 528 с. EDN: [QCNXZP](#)
8. Козловская З.А. Селекция яблони в Беларуси. Минск: Беларуская наука, 2015. 476 с. EDN: [XNCAIX](#)
9. Лисина А.В., Онучин Ю.Н., Воробьев В.Ф. Влияние обработок антиоксидантами и высокими дозами CO₂ на изменение химического состава плодов груши при хранении // Садоводство и виноградарство. 2010. № 1. С. 9-11. EDN: [LKOVAN](#)
10. Меделяева А.Ю., Лисова Е.Н. Хранение яблок в условиях регулируемой газовой среды с ультранизким содержанием кислорода // Наука и образование. 2021. Т. 4, № 2. С. 411. EDN: [XEPVYM](#)
11. Причко Т.Г., Смелик Т.Л., Германова М.Г. Сохранение качественных показателей плодов яблони, обусловленных сортовыми особенностями и составом среды в регулируемой атмосфере // Научные труды СКФНЦСВВ. 2019. Т. 23. С. 253-258. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-23-253-258>. EDN: [GYHATE](#)
12. Седова З.А., Гудковский В.А. Изучение лежкости плодов семечковых культур // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 177-183. EDN: [YHAPMB](#)
13. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел: ВНИИСПК, 2007. 310 с. EDN: [YGNVIR](#)

14. Хоконова М.Б. Потенциальная лежкоспособность плодов семечковых культур и факторы ее формирования // Биология в сельском хозяйстве. 2020. № 4. С. 31-34. EDN: [KPIRXN](#)
15. Butkeviciute A., Janulis V. Postharvest biochemical changes in apple samples // Interconf. 2022. № 19. С. 590-594. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2022.064>. EDN: [MWXPUP](#)

References

1. Abelentsev, V., Podgornaja, M., & Smoljakova, V. (2010). Influence post-harvest of handling biological preparations on storage of apples. *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 4, 105-109. EDN: [NBSAKR](#). (In Russian, English abstract).
2. Andreeva, N.V., & Bobrovich, L.V. (2020). Biochemical composition of apple fruits depending on the weather conditions of the year. In *Innovative approaches to the development of technologies for the production, storage and processing of crop cluster products: Proc. Sci. Conf.* (pp. 20-22). Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University. EDN: [KYCXLS](#). (In Russian).
3. Babintseva, N.A., & Gorb, N.N. (2017). The influence of garden designs on the duration of storage of apple fruits (*Malus domestica* Borkh.) in the foothill zone of the Crimea. *Collection of works of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 144-2, 9-15. EDN: [ZDFDFL](#). (In Russian, English abstract).
4. Egorov, E.A., Prichko, T.G., Droficheva, N.V., Yakovenko, V.V., Shadrina, Zh. A., & Kochyan, G.A. (2021). *Criteria and special organoleptic and biochemical parameters of apples and strawberries characterizing their production in the soil and climatic conditions of the Krasnodar Territor ("Kuban apple", Kuban strawberry): Methodological recommendations*. Krasnodar: North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making. EDN: [BUXAZW](#). (In Russian).
5. Kabalina, D.V., Pershakova, T.V., Lisovoi, V.V., & Morar, V.A. (2020). Development of technology for preparing apples for short-term storage and their storage under artificial cooling. *Fruit growing and viticulture of South Russia*, 63, 307-317. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-307-317>. EDN: [VKRHSX](#). (In Russian, English abstract).
6. Kalinina, I.P., Yashchemskaya, Z.S., & Makarenko, S.A. (2010). *Apple breeding for winter hardiness, high yield, scab resistance and increased fruit quality in the south of Western Siberia*. Novosibirsk. EDN: [EVNIUG](#). (In Russian, English abstract).
7. Kichina, V.V. (2011). Principles of improvement of horticultural plants. Moscow. EDN: [QCNXZP](#). (In Russian, English abstract).
8. Kozlovskaya, Z.A. (2015). *Selection of apple trees in Belarus*. Minsk: Belarusian Science. EDN: [XNCAIX](#). (In Russian).
9. Lisina, A.V., Onuchin, Y.N., & Vorobyev, V.F. (2010). The effect of treatments with antioxidants and high doses of CO₂ on the change in the chemical composition of pear fruits during storage. *Horticulture and viticulture*, 1, 9-11. EDN: [LKOVAN](#). (In Russian, English abstract).
10. Medelyaeva, A.Y., & Lisova, E.N. (2021). Storage of apples in a controlled gas environment with ultra-low oxygen content. *Science and education*, 4(2), 411. EDN: [XEPVYM](#). (In Russian, English abstract).
11. Prichko, T.G., Smelik, T.L., & Germanova, M.G. (2019). Preservation of apple fruit's quality indicators due to varietal features and medium composition in a controlled atmosphere. *Scientific works of North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making*, 23, 253-258. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2019-23-253-258>. EDN: [GYHATE](#). (In Russian, English abstract)
12. Sedova, Z.A., & Gudkovsky, V.A. (1999). Study of the long-term storage of pome fruits. In E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (Eds.), *Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops* (pp. 177-183). Orel. VNIISPK. EDN: [YHAPMB](#). (In Russian).

13. Sedov, E.N., Makarkina, M.A., & Levgerova, N.S. (2007). *Biochemical and technological fruit description of apple gene pool*. Orel: VNIISPK. EDN: [YGNVIR](#). (In Russian).
14. Khokonova, M.B. (2020). Potential passing capacity of fruit seed crops and factors of its formation. *Biology in agriculture*, 4, 31-34. EDN: [KPIRXN](#). (In Russian, English abstract).
15. Butkeviciute, A., & Janulis, V. (2022). Postharvest biochemical changes in apple samples. *Interconf*, 19, 590-594. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2022.064>. EDN: [MWXPUP](#)

Авторы:

Юлия Сергеевна Гунина, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», [jugunina@yandex.ru](mailto:juginina@yandex.ru)
SPIN: [1423-5733](#)

Елена Сергеевна Троско, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», nord-hmel@mail.ru
SPIN: [4790-0660](#)

Autors details:

Yulia Gunina, junior research in Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, FASCA, [jugunina@yandex.ru](mailto:juginina@yandex.ru)
SPIN: [1423-5733](#)

Elena Trosko, junior research in Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, FASCA, nord-hmel@mail.ru
SPIN: [4790-0660](#)

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.